
ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ
РАДИО
НИКИТИН В.А., СОКОЛОВ Б.Б.,
ЩЕРБАКОВ В.В.
„100 И ОДНА"
КОНСТРУКЦИЯ
АНТЕНН
ТЕЛЕВИЗИОННЫХ, РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ И СИ-БИ-РАДИОСВЯЗИ
58-33

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ "РАДИО"

Выпуск 16

В.А. НИКИТИН, Б.Б. СОКОЛОВ, В.В. ЩЕРБАКОВ

«100 И ОДНА» КОНСТРУКЦИЯ АНТЕНН:

ТЕЛЕВИЗИОННЫХ
РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ
СИ-БИ РАДИОСВЯЗИ

МОСКВА
РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ
"СИМВОЛ-Р"
1996 г.

ББК 32.94-5
Н62

Никитин В.А., Соколов Б.Б., Щербаков В.В.
Н62 «100 и одна» конструкция антенн:
телевизионных, радиовещательных, Си-Би-радиосвязи.
М.: "Символ-Р", 1996.

ISBN-5-86-955-010-6

Рассмотрены многочисленные конструкции телевизионных, радиовещательных антенн и антенн для радиостанций личного пользования, так называемого гражданского диапазона (Си-Би диапазона – 27 МГц).
Авторы делятся опытом по устройству, изготовлению, настройке и использованию антенн в конкретных условиях.

Н $\frac{2303040502–002}{ОС6 (03)–96}$ без объявления ББК 32.94-5

Редакторы **А.Я. Гриф, В.А. Никитин**
Технический и художественный редактор **А.С. Журавлев**
Корректор **Н.В. Козлова**

Лицензия ЛР № 070936 от 19 апреля 1993 г.
Подписано в печать 28.XI.95 г. Формат 60×88 1/16. Печать офсетная.
Печ. л. 10,5. Тираж 25000 экз. Заказ 6206.

ISBN-5-86-995-010-6

Редакционно-издательское предприятие "Символ-Р",
103045, Москва, Селиверстов пер., 10.

Отпечатано с готовых диапозитивов в филиале Государственного ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Московского предприятия "Первая Образцовая типография" Комитета Российской Федерации по печати.
113114, Москва, Шлюзовая наб., 10.

1. ОСНОВЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

1.1. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Телевидение в нашей стране прошло ряд этапов развития. Первые опытные телевизионные передачи были осуществлены 29 апреля и 2 мая 1931 г., а с 1 октября этого же года начались регулярные передачи с разложением изображения на 30 строк и 12,5 кадров. С 1937 г. начались передачи сравнительно высококачественного изображения с разложением на 343 строки и 25 кадров. В 1948 г. наша страна впервые в мире освоила телевизионный стандарт с разложением на 625 строк и 50 полей. С 1967 г. начались регулярные передачи цветного телевидения. В настоящее время повсеместно все программы телевидения передаются в цветном изображении.

Наряду с развитием передающей телевизионной сети развивалась и приемная сеть. Если в 1940 году отечественная промышленность выпустила всего 300 телевизионных приемников, в 1950 г. – 11 900, то к концу 1990 г. их выпуск превысил 10 млн., в том числе более 6 млн. цветных. Количество телевизоров у населения к началу 1991 г. превысило 100 млн. Практически каждая семья имеет телевизор, а многие – два и более. Этим объясняется большой интерес к телевизионной технике в самых различных слоях населения.

Изображение любых предметов, в принципе, передать можно сразу все, но для этого потребовалось бы огромное количество каналов связи, равное количеству элементов изображения, а для высокого качества размеры этих элементов должны быть достаточно малы. Поэтому в телевидении используется принцип поочередной передачи сигнала, подобный чтению текста: по строкам, слева направо, немного вниз, снова слева направо и так до конца, пока не будет считано все изображение. Такой процесс передачи изображения называется разверткой изображения по времени.

Для преобразования изображения в электрический сигнал и осуществления развертки служит передающая телевизионная трубка, входящая в состав передающей камеры. Камера похожа на фотоаппарат и содержит объектив, которым передаваемое изображение проецируется целиком на мишень передающей трубки. Мишень покрыта светочувствительным веществом в виде мельчайших зерен, заряжаемых под воздействием света. Сильно освещенные зерна заряжаются сильнее, а те, на которые не падает свет, не заряжаются.

Для развертки на мишень направляется электронный луч, который отклоняющей системой перемещается по мишени слева направо (по строкам) и сверху вниз (по кадру). Эти направления разверток называются прямым ходом. Кадровая развертка значительно медленнее строчной. Поэтому каждая последующая строка располагается немного ниже предыдущей. После прямого хода строчной развертки следует ее обратный ход

– луч быстро возвращается к левому краю мишени и начинается прямой ход следующей строки. Когда под воздействием прямого хода кадровой развертки будет пройдена последняя нижняя строка, возникнет обратный ход кадровой развертки, луч быстро переместится вверх и начнется развертка следующего кадра.

Для получения хорошей разрешающей способности (различимости мелких деталей изображения) за время передачи полного кадра строчная развертка обходит 625 строк. Во избежание мельканий при передаче движущихся изображений смена кадров производится достаточно быстро – 50 раз в секунду. Такая развертка называется прогрессивной, или построчной. Однако прогрессивная развертка по ряду причин оказалась неудобной. Поэтому вместо 50 кадров в секунду передается 50 полей, причем каждое поле содержит вместо 625 строк вдвое меньше – 312,5, а строки в полях расположены через одну. Таким образом, в течение одного поля передаются лишь нечетные строки – 1, 3, 5 и т. д., а в течение следующего поля – четные – 2, 4, 6 и т. д. Такая развертка называется чересстрочной.

Электронный луч, обегая мишень передающей трубки, разряжает накопленные на ней заряды. Ток луча изменяется в соответствии с зарядами в каждой точке мишени, т. е. в соответствии с изображением, которое было на нее спроецировано. В результате на сопротивлении резистора, по которому протекает ток луча, образуется напряжение видеосигнала. Для получения точно такого же изображения на экране телевизора, как на мишени передающей трубки, электронный луч приемной трубки (кинескопа) должен обходить экран в том же порядке, в котором обходил мишень луч передающей трубки. Для этого к сигналу изображения подмешиваются строчные и кадровые синхронизирующие импульсы.

Во время обратного хода луча кинескопа по строкам и по кадрам он должен быть погашен. Для этого к сигналу изображения также подмешиваются специальные гасящие импульсы в конце каждой строки и в конце каждого поля. Синхроимпульсы размещаются на гасящих импульсах, как на пьедестале. Таким образом, гашение луча кинескопа начинается еще до начала обратного хода и заканчивается после его завершения. Чтобы генератор строчной развертки телевизора не вышел из синхронизма во время кадрового синхроимпульса, в него вводятся строчные синхроимпульсы в виде врезок. Кроме того, перед кадровым синхроимпульсом и после него вводится по шесть так называемых уравнивающих импульсов.

Смесь сигнала изображения и полного синхросигнала образует полный телевизионный сигнал, который подается на модулятор передатчика изображения. При цветном телевидении полный телевизионный сигнал содержит еще сигналы цветности и опознавания цветной передачи. Эти сигналы воспринимаются только цветными телевизорами.

Звуковое сопровождение телевизионной передачи ведется при частотной модуляции несущей частоты. Разнос между несущими частотами изображения и звука в странах СНГ принят равным 6,5 МГц. Для передачи звукового сопровождения используется отдельный передатчик. Передатчики изображения и звукового сопровождения работают на общую широкополосную антенну – многоэтажную, турникетного типа. Такая антенна в горизонтальной плоскости имеет ненаправленную круговую диаграмму направленности, а в вертикальной создает узкий лепесток диаграммы,

прижатый к поверхности земли, что увеличивает поток мощности в этом направлении и препятствует излучению под большими углами к горизонту, которое бесполезно.

1.2. СТАНДАРТЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Система преобразования изображения и звукового сопровождения телевизионной передачи в электрический сигнал на передающей стороне и обратного преобразования на приемной устанавливается телевизионным стандартом. Разные страны мира используют разные стандарты, сложившиеся исторически, которые различаются числом строк в полном кадре, частотой полей, разносом между несущими частотами сигналов изображения и звукового сопровождения, видом модуляции несущей сигналом звукового сопровождения и другими параметрами.

В большинстве стран мира их стандартами предусмотрено разложение изображения на 625 строк и 50 полей при чересстрочной развертке. В странах же Америки, Японии и некоторых других частота полей составляет 60 Гц, а число строк в полном кадре – 525. У нас и в странах Восточной Европы разнос между несущими частотами изображения и звукового сопровождения принят равным 6,5 МГц, а в большинстве других стран мира – 5,5 МГц. Кое-где используется амплитудная модуляция несущей частоты сигналом звука вместо общепринятой частотной модуляции. Имеются и другие различия. Каждому телевизионному стандарту присвоена определенная буква латинского алфавита, которая позволяет определить все его характеристики.

Помимо разных телевизионных стандартов существуют три разные системы цветного телевидения – СЕКАМ, ПАЛ и НТСЦ, каждая из которых характеризуется определенным способом формирования сигнала, содержащего информацию о цвете элементов изображения.

Различия в стандартах мешают использовать телевизор, рассчитанный на один стандарт, для приема передачи по другому. Такие рассогласования обычно происходят при использовании импортных телевизоров, когда из-за разницы в стандартах оказывается невозможно принять звуковое сопровождение телевизионных передач или при цветной передаче изображение на экране телевизора оказывается черно-белым. В таких случаях неизбежна переделка телевизора, порой достаточно сложная. Поэтому в последние годы многие зарубежные производители стали выпускать телевизоры, оснащенные микропроцессором, который автоматически способен распознать стандарт принятого телевизионного сигнала и систему цветного телевидения, использованную в этом сигнале. Процессор производит необходимые переключения в схеме телевизора, которые обеспечивают нормальный прием изображения и звука, освобождая владельцев такого телевизора от забот.

Для многопрограммного телевизионного вещания сигналы одной программы отличаются от сигналов другой, чтобы на приемной стороне можно было бы выбрать нужную программу. Это обеспечивается, как и в радиовещании, тем, что разные программы передаются на разных частотах. Для телевидения выделены три диапазона частот в области метровых волн и два диапазона в области дециметровых. Для каждой программы выделяется один канал шириной 8 МГц, а каждому каналу присваивается постоянный

порядковый номер. Первый и второй частотные каналы относятся к диапазону I, с третьего по пятый – к диапазону II, с шестого по двенадцатый – к диапазону III, с 21-го по 39-й – к диапазону IV, а с 40-го по 80-й – к диапазону V. В табл. 1.1 и 1.2 приведены основные параметры телевизионных частотных каналов в области метровых и дециметровых волн: $f_и$ – несущая частота канала изображения; $f_з$ – несущая частота канала звука; $f_с$ – средняя несущая частота; $\lambda_и$ – длина волны канала изображения; $\lambda_з$ – длина волны канала звука; $\lambda_с$ – средняя длина волны. При изготовлении телевизионной антенны нужно знать номер частотного канала, по которому идет передача, но не путать его с номером программы.

Таблица 1.1

Основные параметры частотных каналов метровых волн

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
1	49,75	56,25	52,900	6030	5333	5671
2	59,25	65,75	62,415	5063	4563	4807
3	77,25	83,75	80,434	3883	3582	3730
4	85,25	91,75	88,440	3519	3270	3392
5	93,25	99,75	96,445	3217	3008	3111
6	175,25	181,75	178,470	1712	1651	1681
7	183,25	189,75	186,472	1637	1581	1609
8	191,25	197,75	194,473	1569	1517	1543
9	199,25	205,75	202,474	1506	1458	1482
10	207,25	213,75	210,475	1448	1404	1425
11	215,25	221,75	218,476	1394	1353	1373
12	223,25	229,75	226,477	1344	1306	1325

Таблица 1.2

Основные параметры каналов дециметровых волн

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
21	471,25	477,75	474,489	637	628	632
22	479,25	485,75	482,489	626	618	622
23	487,25	493,75	490,489	616	608	612
24	495,25	501,75	498,489	606	598	602
25	503,25	509,75	506,490	596	589	592
26	511,25	517,75	514,490	587	579	583
27	519,25	525,75	522,490	578	571	574
28	527,25	533,75	530,490	569	562	566
29	535,25	541,75	538,490	560	554	557
30	543,25	549,75	546,490	552	546	549
31	551,25	557,75	554,490	544	538	541
32	559,25	565,75	562,491	536	530	533
33	567,25	573,75	570,491	529	523	526
34	575,25	581,75	578,491	522	516	519
35	583,25	589,75	586,491	514	509	512
36	591,25	597,75	594,491	507	502	505

Номер канала	$f_и$, МГц	$f_з$, МГц	$f_с$, МГц	$\lambda_и$, мм	$\lambda_з$, мм	$\lambda_с$, мм
37	599,25	605,75	602,491	501	495	498
38	607,25	613,75	610,491	494	489	491
39	615,25	621,75	618,491	488	482	485
40	623,25	629,75	626,492	481	476	479
41	631,25	637,75	634,492	475	470	473
42	639,25	645,75	642,492	469	465	467
43	647,25	653,75	650,492	464	459	461
44	655,25	661,75	658,492	458	453	456
45	663,25	669,75	666,492	452	448	450
46	671,25	677,75	674,492	447	443	445
47	679,25	685,75	682,492	442	438	440
48	687,25	693,75	690,492	437	432	435
49	695,25	701,75	698,492	432	428	430
50	703,25	709,75	706,493	427	423	425
51	711,25	717,75	714,493	422	418	420
52	719,25	725,75	722,493	417	413	415
53	727,25	733,75	730,493	412	409	411
54	735,25	741,75	738,493	408	404	406
55	743,25	749,75	746,493	404	400	402
56	751,25	757,75	754,493	399	396	398
57	759,25	765,75	762,493	395	392	393
58	767,25	773,75	770,493	391	388	389
59	775,25	781,75	778,493	387	384	385
60	783,25	789,75	786,493	383	380	381

1.3. РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

В настоящее время на территории нашей страны работают сотни телевизионных передатчиков, десятки программных телецентров, большое количество ретрансляторов, использующих системы ретрансляции с применением искусственных спутников Земли. Телевизионным вещанием охвачена практически вся территория. Однако вопрос расширения зоны уверенного приема телевизионных передач все еще не потерял своей актуальности. Сегодня массовый телезритель уже не удовлетворяется возможностью приема первой и второй телевизионных программ, ему хочется принимать местную программу и программы соседних государств и стран. При этом расстояния до соответствующих телевизионных передатчиков часто оказываются превышающими их официальные зоны уверенного приема. В таких условиях уверенный прием считается невозможным и рекомендуют ориентироваться только на сверхдальний случайный прием. Поэтому в первую очередь необходимо дать четкие определения уверенного приема телевизионных передач и рассмотреть условия, при которых он возможен.

Уверенным приемом называют такие условия приема передач, когда независимо от погоды, состояния солнечной активности, времени суток и

года, температуры и влажности воздуха, а также других факторов обеспечивается прием передач заранее выбранного телевизионного передатчика. Случайный сверхдальний прием возникает в зависимости от погоды, солнечной активности и других факторов, в результате действия которых удается в течение ограниченного времени вести прием передач удаленного телевизионного передатчика. Сеансы случайного приема оказываются непредсказуемыми и непродолжительными.

Официальная зона уверенного приема определяется расстоянием прямой видимости передающей антенны из точки установки приемной антенны. При этом исходят из того, что ультракороткие волны (УКВ), на которых ведутся телевизионные передачи, распространяются прямолинейно, подобно свету, не огибают земную поверхность и не отражаются ионосферой в противоположность волнам коротковолнового диапазона. В связи с тем, что поверхность Земли шарообразна с радиусом сферы около 6370 км, можно вывести следующую формулу для определения максимальной дальности, соответствующей прямой видимости:

$$D = 3{,}57(\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

где D – максимальная дальность прямой видимости, км; H – высота передающей антенны, м; h – высота приемной антенны, м.

Формула не учитывает фактического рельефа местности и предполагает, что антенны установлены на идеально ровной сферической поверхности Земли. Кроме того, при распространении радиоволн УКВ диапазона все-таки имеют место и дифракция, и рефракция радиоволн. Дифракцией радиоволн называют явления, возникающие при встрече радиоволн с препятствиями, когда волна огибает препятствие и проникает в область тени, отклоняясь от прямолинейного пути. Когда передающая и приемная антенны разделены выпуклостью земного шара, дифракция радиоволн является одной из причин приема сигналов за пределами прямой видимости. Эффект дифракционного проникновения радиоволны в область тени зависит от соотношения между размером препятствия и длиной волны и выражен тем сильнее, чем больше длина волны. Поэтому в диапазоне УКВ, где длина волны сравнительно мала, эффект дифракции не так велик, как в диапазоне длинных или средних волн, но все-таки имеет место.

Распространению радиоволн за пределы прямой видимости также способствует явление, называемое нормальной тропосферной рефракцией (преломлением). Показатель преломления зависит от давления и температуры воздуха, которые убывают с высотой. Это приводит к искривлению радиолуча, который отклоняется к земле, огибая ее выпуклость, что ведет к увеличению максимальной дальности возможного уверенного приема телевизионных передач по сравнению с максимальной дальностью, ограниченной условиями прямой видимости.

Помимо явлений дифракции и нормальной рефракции дальнему распространению радиоволн способствует их рассеяние различными наземными металлическими предметами в виде железобетонных масс зданий, мостов, мачт, а также неоднородностями в верхних слоях атмосферы. В результате рассеяния возникают вторичные излучения сигнала, которые, конечно, значительно слабее по мощности основного. Однако при наличии

высокоэффективной антенны и достаточно чувствительного телевизионного приемника можно считать реальным достижение уверенного приема телевизионных передач благодаря упомянутым выше явлениям на значительно бо́льших расстояниях, чем дает формула дальности прямой видимости. Практика подтверждает такой вывод. Действительно, подставив в формулу высоты передающей 525 м (высота Останкинской телебашни) и приемной 30 м антенн, получим дальность, равную 101 км, хотя известно, что в действительности передачи телецентра в Останкине хорошо видны на значительно бо́льших расстояниях.

Область, в пределах которой оказывается возможным уверенный прием телевидения, можно поэтому разбить на две зоны: прямой видимости и полутени. В зоне прямой видимости напряженность электромагнитного поля сигнала достаточно велика, и прием возможен с помощью обычных антенн. Расширить зону прямой видимости данного телевизионного передатчика в целях использования сравнительно простой антенны можно лишь увеличением высоты ее установки. Однако в связи с тем, что высота приемной антенны обычно значительно меньше высоты передающей, расширение зоны прямой видимости таким способом оказывается незначительным. Так, в приведенном выше примере увеличение высоты приемной антенны с 30 до 60 м дает расширение зоны прямой видимости с 101 лишь до 109 км. В зоне полутени напряженность поля сигнала значительно ниже, чем в зоне прямой видимости, так как в зону полутени проникает лишь небольшая часть энергии сигнала, излученного передающей антенной. Это вынуждает использование в зоне полутени для уверенного приема высокоэффективных антенн, которые отличаются от сравнительно простых бо́льшими размерами и значительно более сложной конструкцией.

Как уже было отмечено, с уменьшением длины волны явления дифракции ослабевают. При этом увеличивается затухание сигнала в атмосфере за счет поглощения энергии различными посторонними частицами (пыль, снег, дождь, туман) и молекулами воздуха. Поэтому протяженность зоны полутени зависит от длины волны, т. е. от номера частотного канала. При достаточно большой мощности телевизионного передатчика, когда ведется прием передач программного телецентра, зона полутени ограничена расстоянием 200...220 км от передатчика, работающего на 1–2-м каналах, 160...180 км от передатчика, работающего на 3–5-м каналах, 120...150 км от передатчика, работающего на 6–12-м каналах. Зоны полутени для диапазона дециметровых волн практически не существует. Кроме того, наблюдается повышенное затухание сигнала в атмосфере для этого диапазона. Вот почему можно считать, что зона уверенного приема дециметрового телевизионного передатчика ограничивается расстоянием прямой видимости, уменьшенным примерно в 1,2 раза.

Следует заметить, что указанные границы зоны полутени и границы зоны прямой видимости не являются резкими, а в значительной степени размыты. Кроме того, они очень приближенны, так как совершенно не учитывают фактического рельефа местности. При наличии на трассе высоких холмов и горных преград максимальные расстояния уверенного приема могут оказаться значительно меньшими, а уверенный прием даже при небольших расстояниях от передатчика может оказаться совершенно невозможным. За границей зоны полутени напряженность поля практически

равна нулю, и устойчивый прием неосуществим даже при наличии высокоэффективных антенн.

1.4. ПРИЕМ СИГНАЛОВ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Когда прием телевизионных программ происходит в крупном населенном пункте, оснащенном телецентром или ретранслятором, вопрос о выборе источника сигнала обычно не стоит. В условиях же сельской местности, дачного поселка, садового участка или на ферме всегда приходится решать вопрос о том, сигналы какого телецентра или ретранслятора целесообразнее всего принимать. Такой выбор необходим в тех случаях, когда телевизор расположен вдали от телецентров и ретрансляторов и несколько из них передают одну и ту же программу на разных каналах. Требуется выбрать тот, который обеспечит наиболее устойчивый прием. При этом нужно учитывать расстояние до передатчика по прямой, рельеф местности между передатчиком и пунктом приема, мощность передатчика и номер канала, на котором он работает.

Если мощность передатчика не известна, можно ориентироваться на установленную для данного передатчика протяженность зоны уверенного приема. При необходимости мощности передатчиков или зоны их уверенного приема, а также номера частотных каналов, по которым ведутся передачи ближайшими передатчиками, и программы, которые они транслируют, можно узнать в областном комитете по телевидению и радиовещанию.

Не всегда следует останавливаться на ближайшем передатчике: иногда его мощность значительно меньше, чем более удаленного. В других случаях уровень сигнала удаленного передатчика в точке приема может оказаться выше из-за того, что он имеет более высокую антенну, расположен выше над уровнем моря или между ближайшим передатчиком и пунктом приема имеются естественные преграды в виде возвышенностей, гор или холмов. Конечно, оценка по анализу этих факторов может быть очень приближенной. Поэтому лучше ознакомиться с работой телевизоров, установленных поблизости. Если у них качество изображения плохое, но используются простые антенны, есть основания полагать, что установка более эффективной антенны позволит улучшить прием.

От выбора типа антенны и тщательности ее выполнения зависит уровень сигнала на входе телевизора, определяющий контрастность изображения и его качество, возможность получения цветного изображения. Для приема одной программы необходима узкополосная антенна, рассчитанная на прием определенного канала, на котором работает передатчик. Такие антенны обладают наибольшей эффективностью по сравнению с широкополосными антеннами, предназначенными для приема нескольких программ по разным каналам. Если выбранный телецентр или ретранслятор передает несколько программ, в зоне прямой видимости можно установить широкополосную антенну. Однако в зоне полутени придется установить в этом случае раздельные антенны для каждой программы. При необходимости принимать несколько программ с разных направлений, безусловно, тре-

буются раздельные антенны, каждая из которых должна быть узкополосной и рассчитана на прием того частотного канала, на котором работает соответствующий передатчик. Это связано с тем, что переориентировать антенну каждый раз при переходе с приема одной программы на другую крайне неудобно. Трудность использования раздельных антенн для каждой программы состоит в необходимости вести от каждой антенны отдельный фидер, что затрудняет переход с одной антенны на другую, связанный с необходимостью переключения штекеров к антенному гнезду телевизора. Однако эта трудность легко преодолевается, если использовать разделительный фильтр, который позволяет подключить к одному общему фидеру две раздельные антенны. Если же число установленных антенн больше двух, дополнительная коммутация может быть осуществлена контактами электромагнитного реле, управление которым производится дистанционно. Описания и схемы таких устройств для подключения нескольких раздельных антенн к общему фидеру рассмотрены в разделе 8.2.

На прием телевизионного сигнала очень большое влияние оказывает правильное очень тщательное ориентирование приемной антенны. Она должна быть направлена на передатчик таким образом, чтобы изображение на экране телевизора имело наибольшую четкость по горизонтали, отсутствовали повторные изображения слева и справа от основного, на границах между черным и белым не было серых хвостов, которые называются "тянучками", или окантовок, которые называются "пластикой". Поэтому ориентирование антенны лучше всего выполнять при приеме телевизором телевизионной испытательной таблицы, которая объективно отражает качество изображения. Это необходимо из-за того, что таблица представляет собой неподвижное изображение, на котором лучше видны дефекты картинки, и содержит специальные элементы для количественной оценки четкости изображения по горизонтали и по вертикали, наличия или отсутствия тянучки или пластики. При приеме же сюжетных изображений, а тем более движущихся, сделать это невозможно. К тому же заранее не известно, какого качества изображение передается в данный момент.

1.5. ПРИЕМ СИГНАЛОВ РАДИОВЕЩАНИЯ

Структура радиовещательного сигнала значительно отличается от структуры сигнала телевидения главным образом шириной частотного спектра. В состав полного телевизионного сигнала помимо собственно сигнала изображения входят гасящие импульсы строк и полей, синхронизирующие импульсы строчной и кадровой разверток, врезки и уравнивающие импульсы. Сигнал изображения также не является гладким, непрерывным: для передачи мелких элементов изображения, соответствующих четкости в 500 элементов вдоль строки, сигнал должен содержать импульсы длительностью 0,2 мкс. Для этого требуется передавать широкий спектр частот, превышающий 6,5 МГц. Именно по этой причине телевидение передается в диапазоне УКВ: ведь суммарная ширина частотного диапазона длинных и средних волн составляет всего 1,5 МГц, а диапазона коротких волн с 25 до 75 м – 8 МГц. Весь диапазон коротких волн пришлось бы отдать лишь одной

телевизионной программе, прекратив работу коротковолновых радиостанций всего мира, которых насчитываются многие сотни.

В связи с тем, что цель радиовещания состоит в передаче звуковой информации, ширина частотного спектра радиовещательной станции сравнительно невелика. Так как высшая частота звука, воспринимаемого органами слуха человека, не превышает 16 кГц, для передачи звуковых сигналов при амплитудной модуляции достаточно передавать спектр шириной 32 кГц. В действительности же радиовещательные станции с амплитудной модуляцией передают более узкий спектр частот, не превышающий 14 кГц. Это связано с тем, что и при таком узком спектре достигается вполне удовлетворительное качество звука, но вдвое увеличивается количество радиостанций, которые можно разместить в выделенных для радиовещания диапазонах частот длинных волн (ДВ), средних волн (СВ) и коротких волн (КВ).

Значительно большие возможности для высококачественного радиовещания представляются при использовании диапазона УКВ, где практически можно разместить неограниченное количество радиостанций благодаря большой ширине этого диапазона и ограниченному радиусу действия каждой из них. В диапазоне УКВ каждой радиостанции допустимо выделить достаточно широкую полосу частот, что позволяет использовать вместо амплитудной частотную модуляцию сигнала (ЧМ), которая устраняет влияние атмосферных и индустриальных помех, имеющих амплитудный характер.

Международными соглашениями для радиовещания выделены диапазоны частот в пределах от 150 до 405 кГц (ДВ), от 525 до 1605 кГц (СВ), а также участки в диапазоне КВ, носящие название поддиапазонов:

3950...4000 кГц – 75 м,
5950...6200 кГц – 49 м,
7160...7300 кГц – 41 м,
9500...9775 кГц – 31 м,
11700...11975 кГц – 25 м,
15100...15450 кГц – 19 м,
17700...17900 кГц – 16 м,
21450...21750 кГц – 13 м,
25600... 26100 кГц – 11 м.

В диапазоне УКВ в странах бывшего СССР и большинстве стран Восточной Европы радиовещание ведется в участке частот от 65,8 до 73,0 МГц, а в других странах мира в пределах от 88 до 108 МГц (этот участок у нас занят телевидением 4-го и 5-го каналов).

Радиовещание в диапазоне ДВ характеризуется тем, что при достаточной мощности радиостанции прием сигнала оказывается возможным на очень больших расстояниях порядка 2000 км. Это объясняется с одной стороны наличием так называемой "земной волны", когда радиоволны огибают земную поверхность, и с другой – значительной рефракцией от нижних ионизированных слоев атмосферы. При большой протяженности территории России это свойство диапазона ДВ особенно важно. К недостаткам этого диапазона относятся его относительная узость, которая препятствует

увеличению количества радиостанций, и высокий уровень индустриальных помех.

Радиовещательные станции диапазона СВ обеспечивают прием на расстояниях порядка 1000 км, но особенности этого диапазона состоят в различном уровне рефракции в течение светлого и темного времени суток. Днем рефракция ослабевает и дальность приема уменьшается, в ночное же время напряженность поля даже при большом удалении от передатчика значительно возрастает. Радиовещание в диапазоне СВ чрезвычайно популярно во всем мире, по своей ширине он позволяет разместить в 4 раза больше радиостанций, чем диапазон ДВ. В нем работают как радиостанции мощностью в десятки ватт, так и в сотни киловатт. Приверженность радиослушателей к диапазону СВ привела даже к тому, что промышленность многих стран выпускает радиовещательные приемники, рассчитанные на прием либо только одного средневолнового диапазона, либо двух: СВ и УКВ (конечно, помимо более дорогих всеволновых приемников).

В диапазоне КВ земная волна сильно поглощается поверхностью Земли. Поэтому прием за счет земной волны ограничивается небольшим расстоянием порядка 100 км. Но волны этого диапазона интенсивно отражаются ионосферой. За счет многократных отражений от ионосферы и от Земли радиоволны диапазона КВ способны многократно огибать земной шар, причем в процессе отражений волны этого диапазона испытывают небольшое поглощение. Это позволяет использовать короткие волны для связи на сколь угодно больших расстояниях. Интересна история радиовещания в диапазоне КВ. На заре развития радиосвязи профессиональные радиостанции работали только на длинных и средних волнах, а диапазон КВ считался для радиосвязи непригодным. Мощность передатчиков в то время была невелика, да и чувствительность приемников – плохая. Поэтому дальность распространения земной волны составляла несколько десятков километров. О возможности использования отражений от ионосферы тогда специалисты не подозревали. Этому способствовало наличие зоны молчания, которой называют образующуюся вокруг работающего коротковолнового передатчика кольцевую область, где прием сигнала отсутствует. Внутренний радиус зоны молчания определяется затуханием земной волны, а внешний зависит от условий полного внутреннего отражения радиолуча в слое ионосферы. Ведь отражаются только радиоволны, излученные под углами к поверхности Земли, меньшими некоторого критического угла. Чем меньше этот угол, тем больше внешний радиус зоны молчания. По указанной причине диапазон КВ был отдан радиолюбителям, которые в 1922 году открыли свойство коротких волн распространяться на большие расстояния благодаря преломлению в слоях атмосферы и отражению от них. Только после этого в диапазон КВ ринулась лавина связных и радиовещательных станций, заполнив его почти целиком. Радиолюбителям же отвели лишь несколько узеньких участков, в пределах которых они могут вести между собой радиосвязь, используя несложные приемники и передатчики ничтожной мощности для связи с любой точкой земного шара.

Наличие зоны молчания является одним из недостатков диапазона КВ. Если внутренний радиус зоны молчания зависит только от мощности передатчика, рельефа местности и состояния почвы – поэтому для каждой радиостанции он почти стабилен – то внешний радиус сильно зависит от солнечной активности, времени года и времени суток, а также и от частоты сигнала. С наступлением темноты внешний радиус возрастает. Вместе с тем, при этом из-за уменьшения количества отражений напряженность поля в точке приема, если она находится вне зоны молчания, увеличивается. Внешний радиус зоны молчания также увеличивается при увеличении частоты сигнала. Другим недостатком коротковолнового диапазона являются глубокие замирания сигнала, которые связаны с нестабильностями электронной концентрации в ионизированных слоях атмосферы. В условиях профессионального приема на магистральных линиях связи с замираниями борются методом сдвоенного приема, который состоит в том, что используются две разнесенные в пространстве антенны, каждая из которых работает на отдельный приемник, а после детектирования их сигналы складываются. Для радиослушателя использование двух антенн, разнесенных на необходимое расстояние, недоступно. Поэтому единственный способ борьбы с замираниями состоит в применении радиоприемника, имеющего большой запас усиления и эффективную систему автоматической регулировки усиления (АРУ).

2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АНТЕННЕ

2.1. ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ АНТЕНН

Вопросы проектирования, изготовления и использования антенн для диапазонов длинных (ДВ), средних (СВ) и коротких (КВ) волн содержат значительно меньше проблем, чем антенн для диапазона УКВ, особенно телевизионных. Дело в том, что в диапазонах ДВ, СВ и КВ передатчики, как правило, обладают большой мощностью; распространение радиоволн этих диапазонов связано с большими значениями дифракции и рефракции; приемные устройства обладают высокой чувствительностью. Когда же речь заходит о телевизионной антенне, обеспечение необходимых значений этих параметров вызывает трудности. Достижение мощностей телевизионных передатчиков, таких как радиовещательных, оказалось пока невозможным. Явления дифракции и рефракции в диапазоне УКВ незначительны. Чувствительность телевизионного приемника ограничена уровнем его собственных шумов, который из-за необходимости широкой полосы пропускания примерно равен 5 мкВ. Поэтому для получения на экране телевизора высокого качества изображения уровень входного сигнала должен быть хотя бы в 20 раз больше уровня собственных шумов, т. е. не менее 100 мкВ. Однако из-за небольшой мощности передатчика и худших условий распространения радиоволн напряженность электромагнитного поля в точке приема оказывается невысокой. Отсюда возникает одно из главных требований, предъявляемых к телевизионной антенне: при данной напряженности поля в точке приема антенна должна обеспечить необходимое напряжение сигнала для нормальной работы телевизионного приемника.

Известно, что напряжение сигнала на выходе антенны пропорционально напряженности поля в точке приема, коэффициенту усиления антенны и длине волны сигнала. Коэффициент усиления характеризует направленные свойства антенны: чем больше коэффициент усиления, тем уже диаграмма направленности антенны. Количественно коэффициент усиления антенны показывает, во сколько раз мощность сигнала, принятого данной антенной, больше мощности сигнала, принятого простейшей антенной – полуволновым вибратором, помещенным в ту же точку пространства. Обычно коэффициент усиления антенны выражается в децибелах (дБ):

$$K_{дБ} = 10\lg(P/P_0).$$

Вполне естественно желание иметь антенну с большим усилением, но необходимо иметь в виду, что увеличение усиления антенны даром не дается и требует усложнения ее конструкции и габаритов. Всякие попытки разыскать такую конструкцию телевизионной антенны, которая была бы компактной, малогабаритной и, вместе с тем, обладала большим коэффициентом усиления, бесполезны.

2 – 6206

Другим важным параметром антенны является ее входное сопротивление, которым считается отношение мгновенных значений напряжения к току сигнала в точках питания антенны. Входное сопротивление антенны не может быть измерено простым омметром или другим подобным прибором, для его измерения необходима специальная высокочастотная измерительная аппаратура. Если напряжение и ток сигнала в точках питания совпадают по фазе, их отношение представляет собой действительную величину. При этом входное сопротивление антенны является число активным. Если же имеется сдвиг фаз между напряжением и током, их отношение будет комплексным. Тогда входное сопротивление помимо активной составляющей будет иметь реактивную – либо индуктивную, либо емкостную в зависимости от того, отстает ли по фазе ток от напряжения или опережает его.

Входное сопротивление антенны – величина не постоянная, а зависит от частоты сигнала подобно входному сопротивлению колебательного контура. Так же как и контур, антенна может быть настроена в резонанс на частоту сигнала, и в этом случае входное сопротивление антенны будет чисто активным. Сходство с колебательным контуром на этом не заканчивается. Настройка контура в резонанс на частоту сигнала определяется его индуктивностью и емкостью, т. е. конструкцией элементов. Аналогично и настройка антенны на частоту сигнала зависит от конструкции ее элементов, их размеров и взаимного расположения. Подобно колебательному контуру телевизионная антенна обладает определенной полосой пропускания (более узкой или более широкой) в зависимости от конструкции.

Как уже было отмечено, большой коэффициент усиления антенны соответствует узкой диаграмме направленности. Диаграмма направленности показывает, как антенна принимает сигналы с разных направлений в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Так, антенна в виде вертикального штыря имеет в горизонтальной плоскости диаграмму направленности в форме круга, в центре которого находится сама антенна. Такая диаграмма является ненаправленной, так как принимает сигналы со всех сторон одинаково. Направленная антенна характеризуется наличием одного или нескольких лепестков диаграммы направленности, наибольший из которых называется главным. Помимо главного лепестка диаграмма направленности обычно содержит задний и боковые, уровень которых значительно меньше уровня главного лепестка. Тем не менее и задний, и боковые лепестки диаграммы направленности ухудшают работу антенны, а потому нежелательны. Две антенны с одинаковым коэффициентом усиления могут иметь совершенно разные диаграммы направленности и поэтому такие антенны будут обладать разными приемными свойствами, в частности в условиях дальнего приема. В этих условиях сигнал приходит с линии горизонта, и диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости должна иметь главный лепесток, максимально прижатый к земле. Легко понять, что свойства такой антенны значительно отличаются от свойств другой антенны, у которой главный лепесток диаграммы направленности приподнят над линией горизонта на значительный угол. При одинаковых коэффициентах усиления одна антенна может иметь широкую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости и узкую в вертикальной, а другая – наоборот. Свойства этих антенн, конечно, будут различными.

Часто к телевизионной антенне предъявляется требование не принимать сигнал с заднего, противоположного основному, направления. Такое свойство антенны отражает коэффициент защитного действия (КЗД), который выражается отношением мощности сигнала, принятого антенной с главного направления, к мощности сигнала, принятого с заднего направления, при одинаковой напряженности поля обоих сигналов. Чем больше КЗД, тем антенна считается лучше, хотя эта характеристика антенны бывает важна только в определенных условиях приема.

Кроме перечисленных параметров телевизионных антенн могут иметь значение и такие, как уровень и положение максимумов боковых лепестков диаграммы направленности, положение нулей диаграммы, полоса пропускания антенны. Идеальной могла бы считаться антенна, вообще не имеющая боковых лепестков диаграммы направленности, но такими бывают лишь простейшие антенны. Что касается полосы пропускания, то бывают антенны узкополосные, рассчитанные на прием по одному каналу, и широкополосные – для приема сигнала по нескольким частотным каналам.

2.2. ТРЕБОВАНИЯ К АНТЕННЕ И ФИДЕРУ

Как уже отмечалось, напряжение сигнала на выходе антенны пропорционально напряженности поля в точке ее установки, длине волны сигнала и коэффициенту усиления антенны. Отсюда, чем меньше длина волны (чем больше номер принимаемого частотного канала), тем меньше напряжение сигнала на выходе антенны при прочих равных условиях. Если прием ведется на предельном расстоянии и данная конструкция антенны обеспечивает нормальный прием по первому каналу, то для уверенного приема телевизионных передач по двенадцатому каналу от передатчика той же мощности и расположенного на том же расстоянии понадобится антенна более сложной конструкции, имеющая бо́льший коэффициент усиления. Еще бо́льший коэффициент усиления потребуется для уверенного приема передач в тех же условиях в дециметровом диапазоне волн. Таким образом, требование к коэффициенту усиления антенны должно увязываться не только с удаленностью от передатчика, но и с длиной волны, т. е. с номером канала.

Для того чтобы максимум мощности сигнала, принятого антенной был направлен в фидер и поступил далее на вход телевизионного приемника, антенна должна быть согласована с фидером, а фидер с телевизором. Для такого согласования входное сопротивление антенны должно быть равно волновому сопротивлению кабеля, из которого выполнен фидер, а волновое сопротивление фидера должно быть равно входному сопротивлению антенного входа телевизора. При рассогласовании антенны и фидера часть энергии принятого антенной сигнала не поступит в фидер, а отразится от него и будет антенной излучена обратно в пространство. Это равносильно соответствующему уменьшению коэффициента усиления антенны. Положение, однако, значительно усугубляется, если фидер, кроме того, оказывается рассогласован с телевизором. При этом часть сигнала отразится от антенного входа телевизора и направится по фидеру в виде обратной волны к антенне. Из-за рассогласования фидера и антенны здесь вновь произойдет отражение, и часть сигнала, распространяясь в прямом

направлении, поступит к антенному входу телевизора с задержкой относительно первоначального. Такая задержка создает на экране телевизора повторное изображение, сдвинутое вправо относительно основного. Из-за многократных отражений повторы также оказываются многократными. Таким образом, рассогласование фидера только с одной стороны приводит к уменьшению уровня сигнала на антенном входе телевизора. Рассогласование же фидера с обеих сторон помимо уменьшения уровня сигнала сопровождается появлением повторов на экране. Благодаря тому, что все телевизионные приемники имеют входное сопротивление 75 Ом, при использовании в качестве фидера коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом обеспечивается полное согласование фидера с телевизором без применения каких-либо дополнительных согласующих устройств. При этом рассогласование фидера с антенной не может привести к появлению повторов. Однако, если в качестве фидера используется не стандартный коаксиальный кабель, а какой-нибудь суррогат или кабель с другим волновым сопротивлением, появляются повторы. Отсюда возникает основное требование к фидеру: он должен быть выполнен только из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом.

В условиях сильного сигнала потеря части его энергии за счет отражения от фидера не опасна. Поэтому часто согласованию антенны с фидером не уделяют большого внимания. Однако при слабом сигнале в условиях дальнего приема пренебрегать потерей части сигнала не следует и вопросам согласования антенны с фидером необходимо уделить большое внимание, так как значительно проще и дешевле достичь согласования, чем увеличения коэффициента усиления антенны.

Повторы на экране возникают не только из-за отражений сигнала от концов фидера, но и в тех случаях, когда антенна помимо основного сигнала принимает сигнал, излученный тем же передатчиком, но поступивший к антенне после переотражения каким-нибудь местным предметом: башенным краном, водонапорной башней, железобетонным зданием и т. д. Если такой местный предмет находится в стороне от прямой, соединяющей передающую и приемную антенны, переотраженный сигнал проходит в пространстве бо́льший путь, чем основной, и поступает к антенне с задержкой относительно основного сигнала, что и приводит к повтору. Переотраженный сигнал поступает к антенне с другого направления относительно основного. Поэтому он может быть ослаблен за счет пространственной избирательности антенны, когда ее способности приема с разных направлений не одинаковы, что характеризуется диаграммой направленности.

Необходимость значительного ослабления переотраженных сигналов приводит к тому, что даже при близком расположении от передатчика часто приходится устанавливать остронаправленные антенны (обладающие бо́льшим коэффициентом усиления), хотя большой уровень напряженности поля не требует применения высокоэффективных антенн. В таких условиях при ориентировании антенны иногда оказывается возможно значительно ослабить повтор при очень незначительном ухудшении основного изображения, когда антенна ориентируется не на максимум сигнала, а на минимум отраженной помехи.

Телевизионная антенна обычно имеет симметричную конструкцию, а коаксиальный кабель, из которого выполнен фидер, асимметричен. Непос-

редственное подключение такого фидера к симметричной антенне недопустимо, так как нарушение симметрии приведет к искажению формы диаграммы направленности: максимум ее главного лепестка отклонится от геометрической оси антенны, форма диаграммы станет асимметричной, прием будет осуществляться не только антенной, но и оплеткой коаксиального кабеля, что еще более исказит диаграмму направленности. Можно, конечно, для подключения к симметричной антенне использовать фидер симметричной конструкции. Выпускаются двухпроводные симметричные высокочастотные кабели разных марок (например, ленточные кабели КАТВ с полихлорвиниловой изоляцией или КАТП с полиэтиленовой изоляцией при волновом сопротивлении 300 Ом), а также симметричные высокочастотные экранированные кабели марок РД с разными волновыми сопротивлениями. Однако использование симметричных фидеров признано нецелесообразным. Поэтому антенный вход телевизионных приемников выполняют в виде гнезда, рассчитанного на подключение коаксиального кабеля с помощью стандартного штекера асимметричной конструкции. Но соединение коаксиального кабеля с симметричной антенной требует использования специального симметрирующего устройства. Обычно кроме симметрирующего устройства приходится одновременно использовать согласующее устройство из-за того, что входное сопротивление антенны отличается от волнового сопротивления кабеля. Поэтому обычно симметрирующее и согласующее устройства объединяются в одно симметрирующе-согласующее устройство (ССУ). Конкретные схемы ССУ для антенн разных типов рассматриваются в разделах, посвященных этим антеннам.

Даже при идеальном согласовании фидера с обеих сторон напряжение сигнала на антенном входе телевизора оказывается меньше, чем на выходе

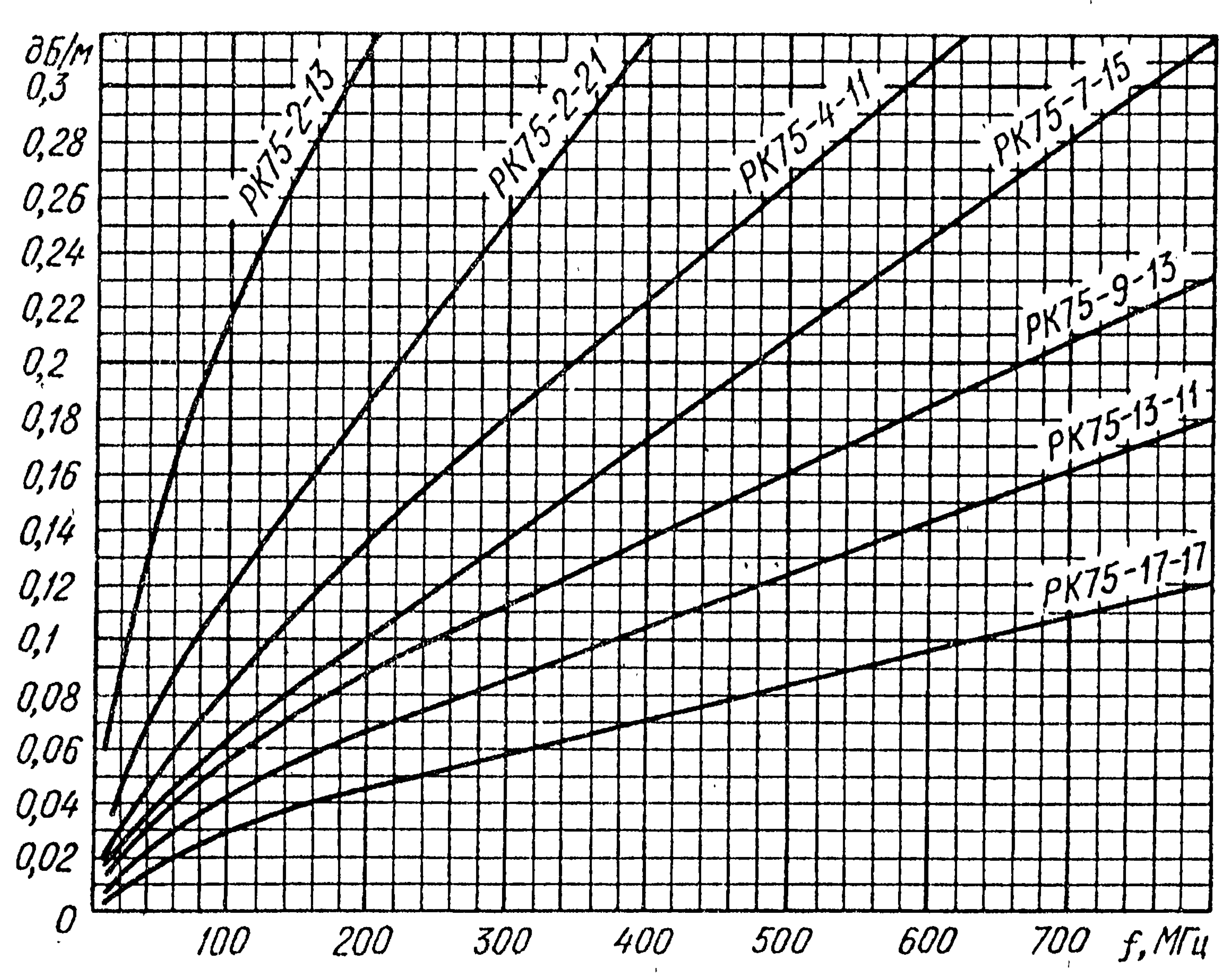


Рис. 2.1. Кривые удельного затухания коаксиальных кабелей

самой антенны. Это связано с тем, что при прохождении сигнала по кабелю уменьшается его уровень, происходит его затухание. Затухание тем больше, чем больше длина кабеля и чем больше частота сигнала. Для характеристики кабелей разных марок используется удельное затухание, которым принято называть такое, которое претерпевает сигнал данной частоты, проходя по кабелю длиной 1 м. Удельное затухание в децибелах на метр (дБ/м) и приводится в справочниках в виде графиков или в виде таблиц. На рис. 2.1 приведены зависимости удельного затухания коаксиальных кабелей разных марок от частоты. Пользуясь ими, можно подсчитать затухание сигнала в кабеле при определенной его длине на любом частотном канале метрового или дециметрового диапазона волн.

Обозначение коаксиального кабеля состоит из букв и трех чисел: буквы РК означают радиочастотный коаксиальный кабель, первое число показывает волновое сопротивление кабеля в омах, второе – округленно внутренний диаметр оплетки в миллиметрах, третье – номер разработки. Из зависимостей рис. 2.1 видно, что удельное затухание зависит от толщины кабеля: чем он толще, тем удельное затухание меньше.

В связи с тем, что обычно при покупке коаксиального кабеля не известна его марка, также оказываются не известны ни волновое сопротивление этого кабеля, ни зависимость его удельного затухания от частоты сигнала. Однако обе эти характеристики можно легко определить с помощью простых

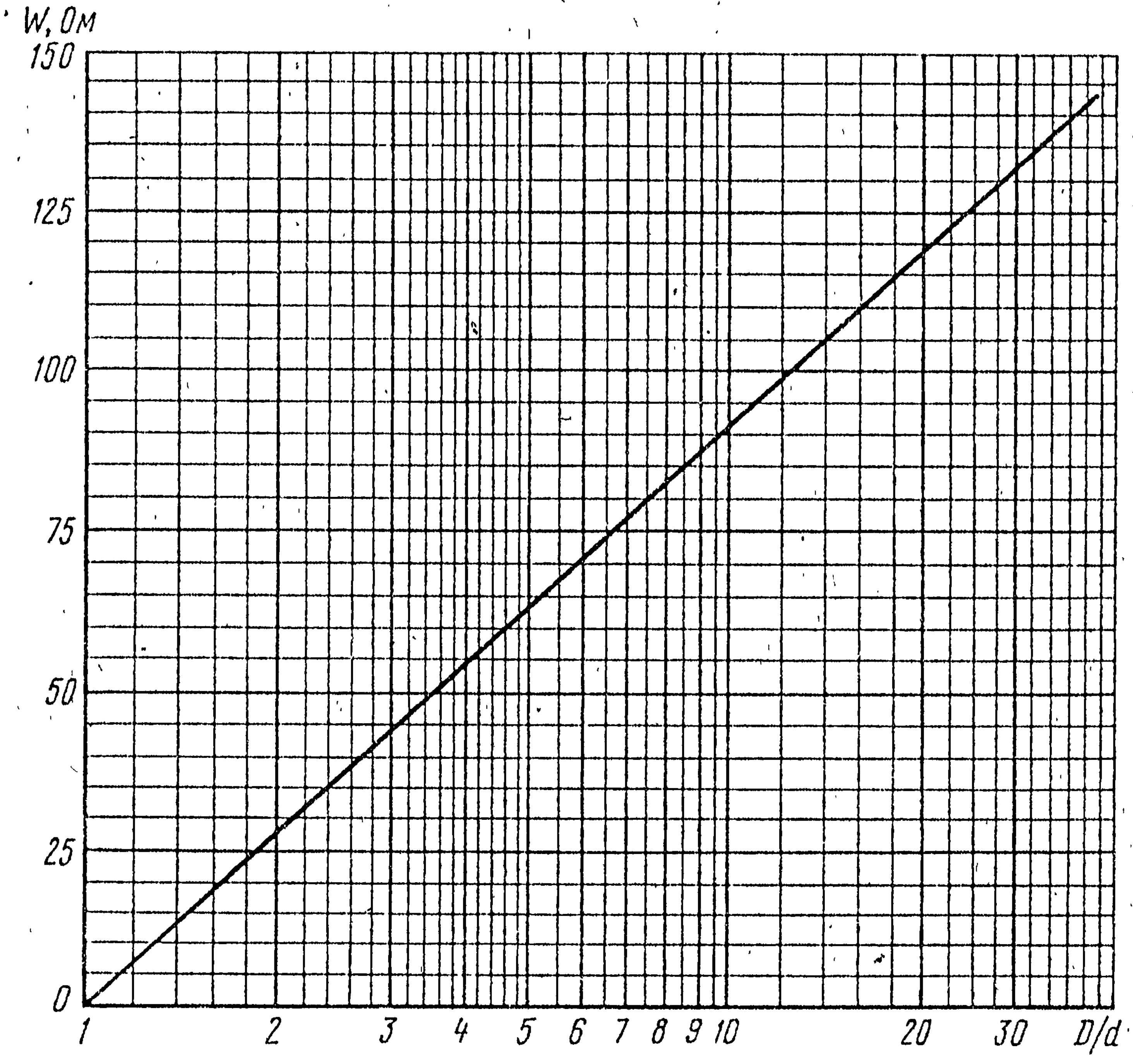


Рис. 2.2. К определению волнового сопротивления кабеля

измерений. Для этого нужно снять с конца кабеля наружную защитную оболочку, завернуть оплетку и штангенциркулем или микрометром измерить диаметр внутренней полиэтиленовой изоляции. Затем нужно снять полиэтиленовую изоляцию и измерить диаметр центральной жилы. Далее определяется отношение диаметра полиэтиленовой изоляции к диаметру центральной жилы. Точное значение волнового сопротивления коаксиального кабеля со сплошной полиэтиленовой изоляцией можно подсчитать по формуле:

$$W = 91 \lg \frac{D}{d},$$

где W – волновое сопротивление кабеля в омах, D – диаметр внутренней полиэтиленовой изоляции в мм, d – диаметр центральной жилы кабеля в мм.

Волновое сопротивление коаксиального кабеля со сплошной полиэтиленовой изоляцией можно также определить по графику, приведенному на рис. 2.2.

Наконец, волновое сопротивление кабеля можно определить с достаточной степенью точности, вычислив после измерения отношение диаметра полиэтиленовой изоляции к диаметру центральной жилы. Если это отношение находится в пределах от 3,3 до 3,7, кабель имеет волновое сопротивление 50 Ом, если же – в пределах от 6,5 до 6,9, волновое сопротивление составляет 75 Ом. В связи с тем, что внутренний диаметр оплетки кабеля равен диаметру полиэтиленовой изоляции, определив тем или иным из указанных способов волновое сопротивление кабеля, по кривым рис. 2.1 можно определить удельное затухание данной марки кабеля для соответствующей частоты сигнала.

2.3. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ АНТЕННЫ

Конструкция телевизионной антенны должна в точности соответствовать ее чертежу и описанию. Желательно не допускать никаких отклонений. Несмотря на то, что многие отклонения вполне допустимы и не влияют на работу антенны, определить, какие именно отклонения от чертежа или описания возможны, способен только опытный и грамотный специалист. Часто радиолюбитель по тем или иным причинам вносит свои изменения в конструкцию антенны, полагая, что такие изменения несущественны. В результате внесения недопустимых изменений нормальная работа антенны в значительной мере нарушается.

Металлические элементы антенны можно выполнять из трубок, прутка, полос, уголка или другого профиля любого металла. В соответствии с поверхностным эффектом токи высокой частоты протекают исключительно в пределах тонкого поверхностного слоя металла, и чем больше частота, тем тоньше этот слой. Поэтому те элементы антенны, которые не несут механической нагрузки, предпочитают выполнять из тонкостенных трубок для получения наименьшей массы антенны. Ведь тонкостенная трубка или сплошной пруток того же диаметра по своим свойствам совершенно одинаковы. По этой же причине в описаниях антенн всегда указывается

именно наружный диаметр трубок. Если для антенны используется металлическая полоса, ее ширина берется примерно в 1,5 раза больше рекомендованного диаметра, а уголок – того же размера, что и диаметр. Несущие элементы конструкции антенны для снижения ее массы также рекомендуется выполнять из трубы, толщина стенки которой выбирается из условий необходимой прочности конструкции.

Обычно телевизионные антенны выполняют из алюминия или его сплавов. Наибольшее применение получил дюраль марки Д16Т, обладающий прочностью и упругостью. Это объясняется тем, что антенна из таких трубок получается достаточно легкой и прочной. Однако электрические свойства алюминиевых антенн недостаточно высоки из-за того, что в местах соединений элементов антенны часто образуются плохие контакты, вызванные окисной пленкой, покрывающей поверхность алюминиевых сплавов. С течением времени это может нарушить нормальную работу антенны. Еще хуже, когда при сборке антенны используют элементы или стяжные болты, выполненные из разных металлов. При этом из-за контактной разности потенциалов образуется гальваническая пара, разрушающая металл в месте соединения. Из-за крайней трудности пайки алюминия элементы ССУ обычно подключаются к такой антенне "под винт", где также имеется опасность появления плохих контактов.

В принципе, телевизионная антенна может быть выполнена из любого металла: алюминия, меди, латуни, бронзы, стали или нержавеющей стали. По сравнению с алюминиевыми остальные антенны значительно тяжелее. Использование стали вообще нежелательно из-за неизбежной коррозии. Даже оцинкованные и окрашенные стальные трубки на открытом воздухе довольно быстро ржавеют, и если механическая прочность таких элементов антенны может сохраняться много лет, то электрические контакты в соединениях в результате коррозии быстро нарушаются.

По указанным причинам наилучший материал для элементов антенны – медь или латунь. Эти металлы легко подвергаются пайке, которая обеспечивает надежность и долговечность электрических контактов и, в конечном счете, хорошую работу антенны в течение длительного времени. Если все соединения антенны осуществлялись при помощи пайки, ее элементы могут быть выполнены из разных металлов. Если использовались стальные элементы и пропаивались с применением кислотного флюса, для его удаления места пайки нужно затем тщательно промыть горячей водой, иначе остатки флюса в течение непродолжительного времени приведут к сильной коррозии металла. Следует помнить, что пайка оловянными припоями механических нагрузок не выдерживает и служит лишь для получения хороших электрических контактов. Поэтому прочность соединений необходимо обеспечивать другими способами (болтами, заклепками и т. д.), а после сборки эти соединения нужно пропаять. Исключение составляет пайка твердыми припоями, которые обеспечивают механическую прочность.

Во избежание коррозии антенна после сборки и припайки ССУ тщательно очищается от грязи и окислов и прокрашивается в несколько слоев. Антенны из меди или латуни также необходимо окрасить в связи с

тем, что под воздействием кислорода воздуха и сернистых газов в атмосфере на поверхности этих металлов образуется слой сернистой меди, обладающий значительным сопротивлением, который будет ухудшать работу антенны. Используются такие краски, которые являются хорошим диэлектриком и противостоят климатическим воздействиям. Лучшей краской поэтому является синтетическая автоэмаль, хотя могут использоваться нитроэмали, глифталиевые или масляные краски. Допустимо также предварительное покрытие грунтовкой. Детали антенн из алюминия или его сплавов окрашивать нет необходимости, так как оксидный слой на поверхности этих металлов обладает очень большим сопротивлением и приближается по своим свойствам к диэлектрику. Оксидный слой защищает поверхность металла от дальнейшего окисления, а под тончайшей оксидной пленкой сохраняется металлическая поверхность с хорошей проводимостью для электрического тока.

В связи с тем, что высокочастотные токи протекают только по поверхности металла, она не должна представлять для токов сигнала, принятого антенной, большого сопротивления. Это накладывает определенные требования к состоянию поверхности элементов антенны, которая должна быть ровной и гладкой, а у антенн дециметрового диапазона даже полированной. Не допускается наличие на поверхности элементов антенны поперечных прорезей или глубоких царапин. Совершенно недопустимо специально создавать шероховатую поверхность элементов антенны. По этой же причине не следует окрашивать антенну плохопроводящими красками, например, бронзовой или алюминиевой.

Кроме элементов, принимающих непосредственное участие в работе антенны, она, как правило, содержит некоторые и конструктивные, предназначенные для механического соединения рабочих элементов. К таким относятся, например, стрелы, перекладины и мачта. Их обычно выполняют металлическими. Хотя обычно такие электрические соединения не являются обязательными, но если они имеются, необходимо обеспечить хороший контакт таких соединений, так как плохой контакт приводит к нестабильной работе антенны. Вполне допустимо выполнять конструктивные элементы антенны из изоляционных материалов, причем чаще всего используется дерево. В этом случае рейки должны быть выполнены из хорошо просушенного дерева, их необходимо проолифить и окрасить несколькими слоями масляной краски. В противном случае под воздействием атмосферной влаги, тумана или дождя деревянные элементы конструкции антенны потеряют свои изоляционные свойства и обратятся в плохой проводник с большим сопротивлением, что недопустимо. На высокой частоте необходимо использовать либо хорошие проводники, либо хорошие изоляторы, иначе неизбежны потери части энергии принятого сигнала, что ухудшит эффективность антенны. Конечно, если есть возможность, вместо дерева целесообразно использовать изоляционные материалы более высокого качества: текстолит, гетинакс, винипласт, фторопласт или оргстекло в виде стержней, планок или труб.

Места подключения кабеля к элементам антенны нужно герметизировать во избежание попадания влаги, которая может образовать короткозамы-

кающий мостик между точками питания антенны. Наилучшая герметизация достигается использованием пластифицированной эпоксидной смолы. Такая смола в виде эпоксидного клея марки ЭДП имеется в широкой продаже в магазинах хозяйственных товаров. Место, подлежащее герметизации, накладывается на кусок пластилина, в нем делается углубление соответствующей формы и заливается смолой. После ее затвердевания пластилин удаляется, а поверхность смолы обрабатывается напильником для придания ей ровной формы. Для хорошего сцепления смолы с металлом он должен быть предварительно обезжирен ацетоном.

На работу антенны сильно влияют также окружающие ее предметы. Если они обладают хорошей проводимостью, в них будут наводиться электромагнитным полем высокочастотные токи, которые исказят форму диаграммы направленности антенны, отклонят ее максимум от геометрической оси антенны. К таким предметам могут относиться металлическая мачта, металлическая поверхность кровли крыши, разные провода. Если же окружающие антенну предметы обладают плохой проводимостью, они будут вносить потери энергии сигнала, ухудшая эффективность антенны. Поэтому в непосредственной близости от антенны не должны находиться лишние предметы хотя бы на расстоянии, равном длине волны принимаемого канала.

3. КОМНАТНЫЕ АНТЕННЫ

3.1. ОСОБЕННОСТИ ПРИЕМА КОМНАТНОЙ АНТЕННОЙ

Для электромагнитного поля, созданного телевизионным передатчиком, стены здания не являются непреодолимым препятствием, и поле существует внутри здания. Поэтому имеется возможность принять телевизионный сигнал, воспользовавшись комнатной антенной. Были даже попытки некоторых заводов, изготовителей стационарных телевизоров, встроить антенну внутрь футляра телевизора (телевизор "Авангард-55" и некоторые другие). Все портативные телевизионные приемники и в настоящее время оборудуются встроенной телескопической антенной, которая позволяет принимать сигнал без использования наружной антенны. Однако применение комнатной антенны для стационарного телевизора или встроенной телескопической антенны портативного телевизора, находящегося внутри здания, практически крайне редко позволяет получить хорошее качество изображения на экране. Это связано с целым рядом причин.

Напряженность электромагнитного поля внутри здания значительно меньше, чем на открытой местности, а тем более чем на крыше здания. Значительная часть энергии сигнала поглощается стенами здания – меньше деревянными, сильнее кирпичными, особенно сильное поглощение происходит в железобетонных стенах. Сильное влияние на уровень напряженности поля внутри комнаты оказывают размер окон и их расположение: когда окна выходят в сторону телецентра, напряженность поля в комнате заметно выше, как и на верхних этажах здания.

Комнатные антенны метрового диапазона из-за ограниченности их размера являются слабонаправленными и обладают малым коэффициентом усиления. Поэтому при пониженной напряженности поля в комнате напряжение сигнала на антенном входе телевизора порой оказывается на пороге или даже ниже чувствительности телевизионного приемника. Это приводит к слабой контрастности изображения, наличию на экране шумовой помехи типа "снег" и неустойчивой синхронизации. Антенны дециметрового диапазона имеют меньшие размеры и в комнатных условиях могут быть применены более сложные их конструкции с повышенным коэффициентом усиления. Однако поглощение стенами энергии этого диапазона значительно больше, а чувствительность телевизионного приемника в дециметровом диапазоне хуже. Поэтому и в дециметровом диапазоне напряжение сигнала на входе телевизора редко позволяет получить хорошее изображение.

Если на открытой местности электромагнитное поле имеет характер бегущих волн, то в помещении значительную долю составляют стоячие волны, когда в одних точках пространства возникают пучности напряженности поля (максимумы), а в других точках – узлы (минимумы). Стоячие волны образуются за счет многократных отражений электромагнитных волн от металлических предметов: арматуры железобетонных стен, батарей

центрального отопления, труб водопровода и отопления, проводов электросети, радиосети и телефона, предметов домашней обстановки (зеркал, металлических раковин и ванн, металлических элементов мебели). Отражения возникают и от неметаллических предметов из-за того, что они создают неравномерность среды.

Наличие стоячих волн в помещении не столь опасно, так как можно разместить комнатную антенну в пучности электромагнитного поля, экспериментально подобрав ее положение. Хуже то, что многократно отраженные сигналы поступают к антенне с запаздыванием относительно основного, прямого, сигнала, что приводит к появлению на экране телевизора многократных повторов изображения. Недостаточная контрастность изображения и наличие повторов сильно ухудшают качество картинки. Кроме того, сдвинутые во времени синхронизирующие импульсы, поступающие к телевизору в составе отраженных сигналов, часто приводят к сбоям строчной и кадровой синхронизации.

Перечисленные неприятности, связанные с использованием комнатных антенн, хорошо знакомы большинству владельцев телевизионных приемников, особенно тем, кто имеет стаж телезрителя с давних времен, когда еще не было коллективных антенн. Для получения сравнительно сносного изображения приходится долго и терпеливо подбирать положение антенны в комнате. При этом оптимальное положение антенны, подобранное для одной программы, оказывается совершенно неприемлемым для другой. Уже выбранное оптимальное положение антенны оказывается нестабильным, и через несколько дней приходится заново ориентировать антенну. Автору известен случай, когда к нему, бывшему главным инженером телевизионного ателье, обратился владелец телевизора с жалобой на радиомеханика, который не смог отремонтировать телевизор по поводу полностью пропавшего изображения. При проверке оказалось, что владелец пользовался комнатной антенной, а в соседней квартире произошла перестановка мебели. Сосед переставил зеркальный шкаф, и большое зеркало полностью перекрыло доступ к комнатной антенне сигнала, который раньше свободно проходил через стену, смежную с соседней квартирой. Подключением телевизора, который оказался вполне исправным, к коллективной антенне конфликт был исчерпан.

При использовании комнатной антенны на изображение порой оказывают влияние даже перемещения людей в комнате. Все это приводит к необходимости сделать вывод о том, что комнатные антенны, как правило, не дают возможности добиться нормальной работы телевизора и реализовать его способности хорошо принимать телевизионные передачи. Поэтому даже в условиях сильного сигнала, когда телевизионный передатчик находится достаточно близко от места приема, для нормальной работы телевизора приходится рекомендовать его подключение к коллективной антенне, а если ее нет, – установку на крыше наружной антенны.

Тем не менее в определенных условиях при малоэтажной застройке, в сельской местности и в радиусе 10...15 км от телевизионного передатчика возможность приема телевизионных передач на комнатную антенну не исключена и иногда удается получить достаточно уверенный прием с хорошим качеством изображения. Указать конкретные условия, при которых комнатная антенна может обеспечить хороший телевизионный

прием, невозможно. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо опытным путем определить, способна ли комнатная антенна обеспечить нормальный прием передач. При отрицательном результате следует устанавливать наружную антенну. Наружные антенны могут быть выполнены более сложной конструкции по сравнению с комнатными. Это позволяет получить значительно бо́льший коэффициент усиления антенны, что в сочетании с более высокой напряженностью поля, чем внутри здания, обеспечит уверенный прием передач телецентра или телевизионного ретранслятора, расположенного на значительном удалении от пункта приема. Но и вблизи от передатчика наружная антенна с большим коэффициентом усиления, а стало быть обладающая узкой диаграммой направленности, исключит повторы изображения за счет ослабления приема отраженных сигналов.

3.2. КОНСТРУКЦИИ КОМНАТНЫХ АНТЕНН

Наиболее простая комнатная антенна – полуволновый разрезной вибратор – показана на рис. 3.1. Полуволновым он называется потому,

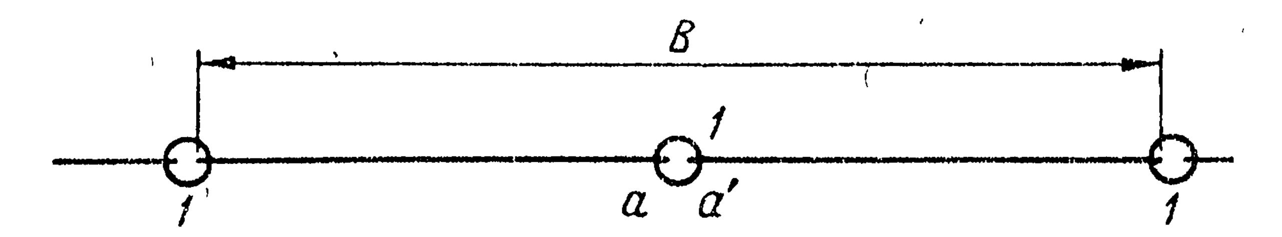


Рис. 3.1. Проволочный разрезной вибратор

что общая длина его двух плеч B примерно равна половине длины волны принимаемого телевизионного канала. Разрезным же он назван в связи с тем, что вибратор разрезан на два плеча пополам. Плечи вибратора выполняют из провода. Можно использовать голый или изолированный провод, одножильный или многожильный, а также антенный канатик. Плечи вибратора изолированы одно от другого в середине орешковым изолятором 1. Такие же изоляторы установлены на концах вибратора, при помощи которых антенна двумя проводами или кусками шпагата крепится к стенам комнаты. В отсутствие орешковых изоляторов можно использовать обычные фарфоровые ролики, как показано на рис. 3.2. Выводы a–a' делают только у среднего изолятора, по краям их делать нет необходимости. Все четыре скрутки нужно тщательно пропаять, чтобы при натяжении антенны они не разошлись. Поэтому, если антенна выполнена из изолированного провода, его концы на соответствующую длину нужно освободить от изоляции.

Длина полуволнового вибратора точно равна половине длины волны только в том случае, если вибратор выполнен из провода бесконечно малого диаметра. При конечных значениях диаметра длина вибратора укорачивается тем сильнее, чем толще ви-

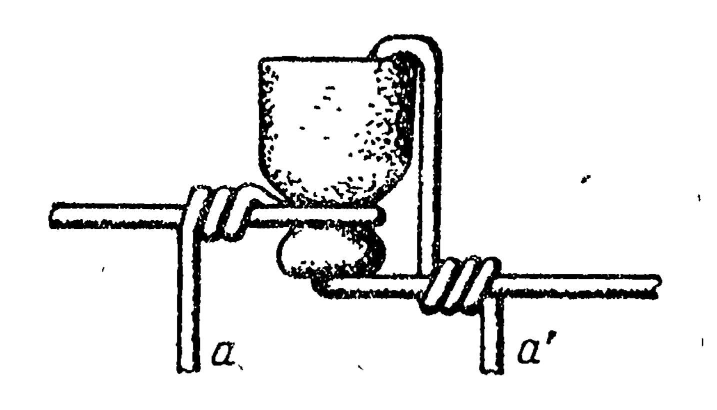


Рис. 3.2. Роликовый изолятор

братор. При этом имеет значение не сам диаметр провода, а его отношение к длине волны, на которую рассчитан вибратор. Тем не менее для комнатных антенн, выполненных из провода или антенного канатика, вибратор оказывается достаточно тонким и его длина незначительно отличается от половины длины волны: в диапазоне 1–5 каналов – в пределах 0,97...0,975 половины длины волны, а в диапазоне 6–12 каналов – 0,965...0,971 половины длины волны.

В табл. 3.1 приведены значения длины В полуволнового вибратора для любого из 12-метровых каналов при двух диаметрах провода, из которого выполнены плечи вибратора: 1,5 мм и 4 мм. Видно, что при более толстом вибраторе его длина немного меньше, чем при более тонком.

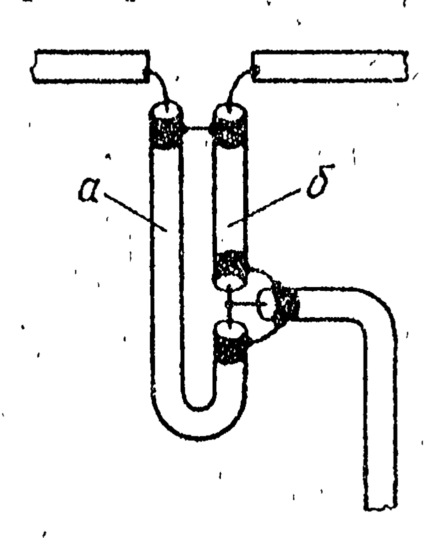


Рис. 3.3. Симметрирующее устройство в виде U-колена

Входное сопротивление разрезного полуволнового вибратора составляет 73 Ом и хорошо согласуется с коаксиальным кабелем, имеющим волновое сопротивление 75 Ом. Однако для подключения коаксиального кабеля к антенне симметричной конструкции необходимо симметрирующее устройство. Чаще всего в качестве симметрирующего устройства, которое не изменяет входного сопротивления антенны, используют устройство, называемое U-коленом (рис. 3.3). Названо оно так в связи с тем, что внешне напоминает латинскую букву U. U-колено образовано двумя отрезками 75-омного коаксиального кабеля. Длина короткого отрезка равна 1/4 длины волны в кабеле, а длина длинного – 3/4 длины волны в кабеле. К точке их соединения подключается фидер, также выполненный из 75-омного кабеля. К антенне U-колено подключается в точках а и а'. Размеры отрезков U-колена для каждого канала приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Размеры проволочного полуволнового вибратора

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, мм $d=1,5$ мм	2764	2341	1815	1650	1513	816	781	749	720	692	666	643
В, мм $d=4$ мм	2756	2334	1809	1645	1509	814	779	747	717	689	663	640
а, мм	2798	2372	1840	1674	1535	829	794	761	731	703	677	654
б, мм	933	791	613	558	512	276	265	254	244	234	226	218

Использование U-колена при изготовлении комнатной антенны часто оказывается неудобным из-за его значительной длины, особенно на первых пяти каналах. Поэтому можно предложить более компактное симметрирующее устройство, показанное на рис. 3.4. Оно представляет собой кольцо из феррита марки 50ВЧ или 1000НН размерами 7×4×2 мм, либо марки 100ВЧ размерами 8,4×3,5×2 мм. Кольцо сначала обматывают узкой полоской полиэтилена, а затем на него наматывают две обмотки, каждая

из которых содержит восемь витков, намотанных двумя проводами ПЭЛШО диаметром 0,21 мм. Витки обмоток необходимо распределить равномерно по кольцу, а их концы закрепить нитками. Важно соблюдать такое же направление витков, как показано на рисунке. Подключают фидер к антенне с помощью этого симметрирующего устройства в точках а–а' в соответствии со схемой, показанной на рис. 3.5,а. Оплетка кабеля и заземленные концы обмоток соединяют в одной точке возможно более короткими проводниками. Симметрирующее устройство на

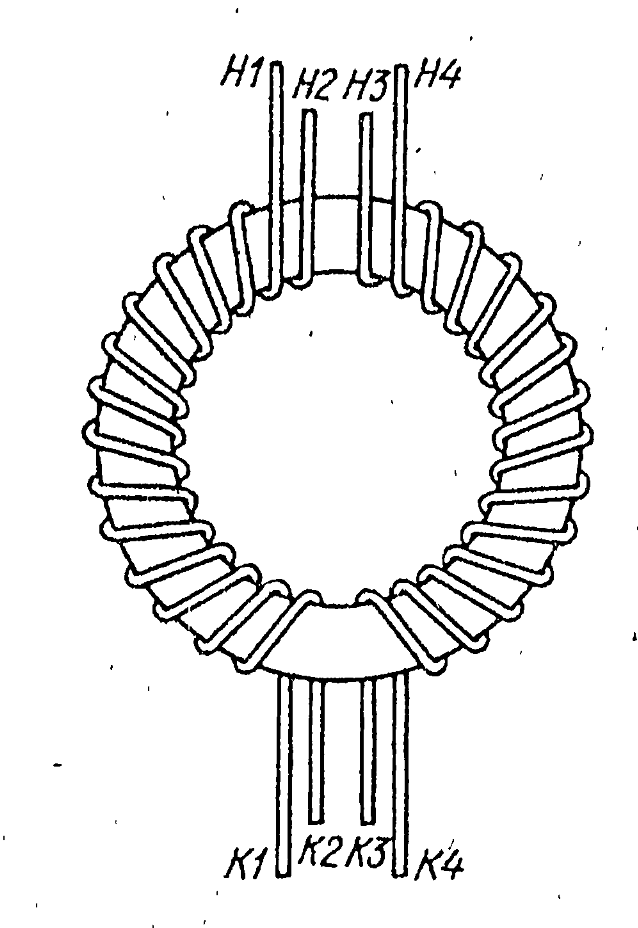
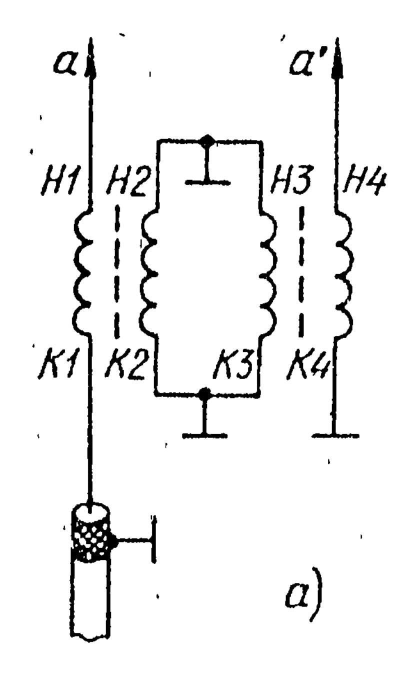


Рис. 3.4. Симметрирующее устройство на ферритовом кольце



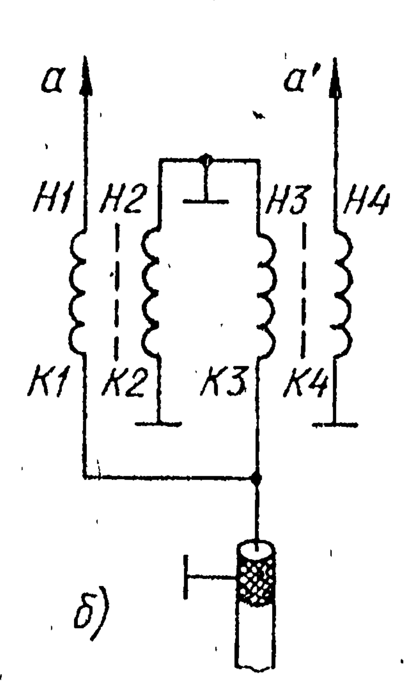


Рис. 3.5. Схемы подключения ферритового симметрирующего устройства

ферритовом кольце хорошо работает на всех 12 каналах метрового диапазона волн. Коэффициент усиления разрезного полуволнового вибратора равен единице, что соответствует нулю децибел. Это вполне естественно, так как коэффициент усиления определяется именно по отношению к полуволновому вибратору.

Для приема телевизионного сигнала в дециметровом диапазоне, как уже было отмечено ранее, требуется антенна с повышенным коэффициентом усиления, что требует усложнения ее конструкции. Задача упрощается благодаря тому, что все размеры дециметровой антенны оказываются существенно меньше размеров антенн метрового диапазона. Это позволяет создать комнатную антенну дециметрового диапазона, обладающую сравнительно большим коэффициентом усиления при небольших габаритах.

Одной из таких антенн, сравнительно несложной по конструкции, является трехэлементная рамочная антенна "Тройной квадрат", показанная на рис. 3.6. Коэффициент усиления этой антенны достигает 14 дБ, что

соответствует увеличению напряжения сигнала на ее выходе в 5 раз по сравнению с полуволновым вибратором. Антенна содержит три квадратные рамки, из которых директорная и рефлекторная являются замкнутыми, а вибраторная в точках а–а′ (точки питания) разомкнута. Рамки расположены симметрично, так, что их центры находятся на горизонтальной прямой, совпадающей с направлением на телецентр. Рамки выполняют из медного или латунного провода диаметром 3...5 мм, который при размерах антенны дециметрового диапазона обладает достаточной жесткостью. Размеры антенны приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Размеры дециметровой рамочной антенны

Каналы	Д	В	Р	А	Б	Н	Ш	Т
21–26	134	158	193	67	98	580	152	300
27–32	122	144	176	61	89	530	139	274
33–40	110	131	160	55	80	475	126	248
41–49	99	117	143	50	72	430	112	220
50–58	89	105	129	45	65	390	102	200
59–68	81	96	113	41	59	350	92	181
69–80	73	86	106	37	53	315	83	164

Примечание. Размеры Н и Т приведены для антенн, изображенных на рис. 5.4, 5.6.

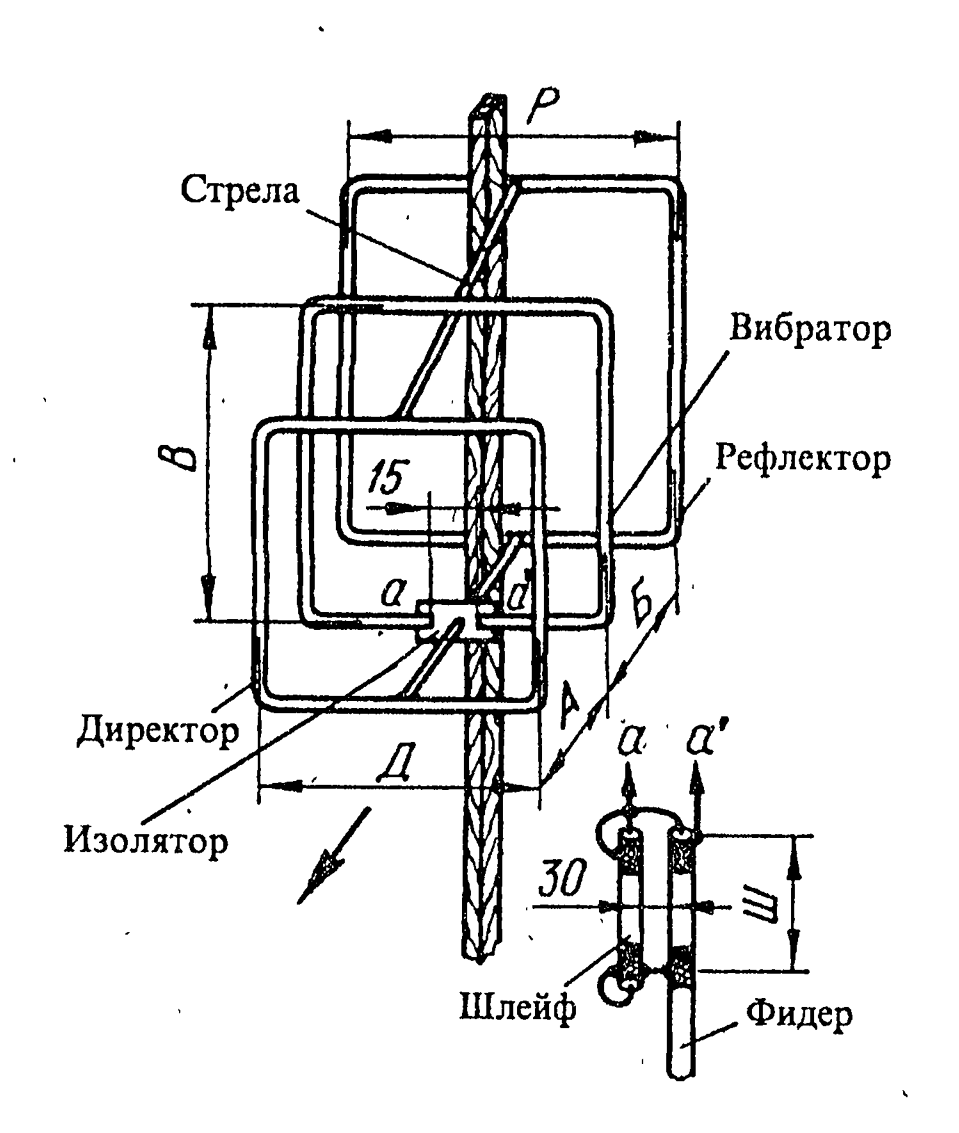


Рис. 3.6. Трехэлементная рамочная антенна

Рамки антенны крепят к двум стрелам в серединах горизонтальных сторон. Верхняя стрела выполнена из того же материала, что и рамки. Практика показала, что антенна лучше работает, если нижняя стрела выполнена из изоляционного материала, например, гетинаксового или текстолитового прутка. Верхняя стрела припаивается к рамкам, а нижняя может крепить рамки с помощью заливки точек соединения эпоксидной смолой. Мачта или стойка в комнатном варианте такой антенны выполняется также из изоляционного материала – гетинаксового или текстолитового прутка, трубки либо деревянной рейки. Стрелы крепят к мачте или стойке в центре тяжести антенны. Изолятор представляет собой пластину из гетинакса, текстолита или оргстекла размерами 20×30 мм и толщиной 2–3 мм. Концы вибраторной рамки крепятся к этой пластине хомутиками.

Входное сопротивление трехэлементной рамочной антенны примерно равно 70 Ом, и она хорошо согласуется с волновым сопротивлением 75-омного коаксиального кабеля. Для симметрирования используется четвертьволновый короткозамкнутый шлейф, выполненный из отрезка того же кабеля.

Комнатная антенна тщательно ориентируется по изображению на экране телевизора так, чтобы при достаточной контрастности и устойчивости синхронизации получить наивысшую четкость по горизонтали в отсутствие повторов. При этом может оказаться, что направление антенны не совпадает с направлением на телецентр.

Диаграмма направленности разрезного полуволнового вибратора представляет собой в горизонтальной плоскости восьмерку с нулевым приемом в направлениях, совпадающих с линией, на которой расположен вибратор. Диаграмма достаточно широка, и поворот антенны в пределах до 30° в обе стороны от главного направления мало влияет на уровень принятого сигнала. Трехэлементная рамочная антенна обладает узкой диаграммой направленности и должна тщательно ориентироваться.

Комнатные телевизионные антенны также бывают в продаже. Антенны метрового диапазона представляют собой разрезной вибратор с телескопической конструкцией плеч, которая позволяет легко изменять длину вибратора. Антенны дециметрового диапазона являются широкополосными и перекрывают весь диапазон дециметровых каналов.

4. НАРУЖНЫЕ АНТЕННЫ ДЛЯ БЛИЖНЕГО ПРИЕМА

4.1. РАЗНОВИДНОСТИ НАРУЖНЫХ АНТЕНН

Зоной ближнего приема можно назвать такую территорию, где уверенный прием достигается с помощью простейших антенн со сравнительно небольшим коэффициентом усиления. В связи с тем, что зона ближнего приема располагается внутри зоны прямой видимости, напряженность поля сигнала в пределах этой зоны в значительной мере зависит от мощности телевизионного передатчика. Поэтому радиус зоны ближнего приема на равнинной местности для мощного программного телецентра составляет примерно 50 км, для областных ретрансляторов – 30 км, а для маломощных местных ретрансляторов еще меньше: имеются ретрансляторы такой малой мощности, что для них зона ближнего приема ограничена расстоянием всего в несколько километров. Четко провести границу зоны ближнего приема, конечно, невозможно, так как она зависит и от мощности передатчика, и от номера канала, и от рельефа местности на трассе прохождения сигнала от передающей антенны к приемной, и от застройки населенного пункта, в котором необходимо осуществить прием. Все это не позволяет определить радиус зоны ближнего приема в конкретных условиях методом расчета. Поэтому в каждом конкретном случае необходимую антенну приходится выбирать опытным путем, начиная с простейшей и при отрицательном результате переходя к более сложной.

Простейшая приемная антенна – разрезной полуволновый вибратор, подобный рассмотренному в разделе о комнатных антеннах. Однако наружная антенна, как правило, не может крепиться к противоположным стенам и натягиваться таким путем, как это рекомендовалось для комнатной проволочной антенны. Поэтому такую антенну выполняют в виде жесткой конструкции из металлической трубки. Немного сложнее антенна – петлевой полуволновый вибратор, обладающий некоторыми преимуществами перед разрезными, хотя его коэффициент усиления также равен 0 дБ. Если полуволновый вибратор оказывается недостаточно эффективным в данных конкретных условиях, антенна может быть усложнена добавлением еще одного элемента – рефлектора, который значительно ослабляет прием с заднего направления и усиливает с главного. Для этого рефлектор выполняют немного длиннее вибратора и располагают сзади него на некотором расстоянии. Такая двухэлементная антенна носит название "Волновой канал". Благодаря рефлектору задний лепесток диаграммы направленности значительно уменьшается, а главный лепесток увеличивается и сужается. Поэтому коэффициент усиления антенны становится больше, чем у полуволнового вибратора. Еще больший коэффициент усиления может быть достигнут установкой дополнительных элементов впереди вибратора,

которые называются директорами. Разработано большое количество разных антенн типа "Волновой канал", отличающихся одна от другой числом директоров и расстоянием между ними. Антенны этого типа отличаются компактностью, жесткой конструкцией, малой ветровой нагрузкой, но обладают и существенными недостатками, которые ограничивают возможности их изготовления в домашних условиях.

В качестве наружных, так же как и комнатных, используют рамочные антенны – двухэлементные и трехэлементные. Хотя они конструктивно сложнее двух- и трехэлементных антенн типа "Волновой канал", но обладают значительно бо́льшим коэффициентом усиления даже по сравнению с пятиэлементными антеннами и лишены их недостатков. Рамочные антенны хорошо согласуются с фидером, поэтому их рекомендуют использовать в тех случаях, когда антенна "Волновой канал" не дает достаточно хороших результатов. Рамочные антенны получили широкое распространение также в условиях дальнего приема телевидения за границей зоны прямой видимости, для чего несколько таких антенн соединяются в синфазную систему. Это приводит к еще бо́льшему коэффициенту усиления и позволяет уверенно принимать такие слабые сигналы, принять которые другими антеннами практически оказывается невозможно.

Антенны "Волновой канал" и рамочные относятся к узкополосным и способны принимать сигнал только по одному каналу, которому соответствуют размеры элементов антенны. При развитии многопрограммного телевещания возникла необходимость приема нескольких программ, передаваемых по разным каналам. Для этого разработаны широкополосные антенны, способные примерно одинаково принимать группу каналов. К таким антеннам относятся зигзагообразные, логопериодические и "бегущей волны". Там, где возможен прием нескольких программ, устанавливается широкополосная коллективная антенна или несколько антенн, рассчитанных на соответствующие частотные каналы, а также один широкополосный антенный усилитель или несколько для разных каналов. Типы антенн и усилителей подбирают так, чтобы гарантировать уверенный прием всех программ, принимаемых в данном населенном пункте, всеми абонентами, подключенными к этой коллективной антенне. Необходимо лишь отметить, что коэффициент усиления широкополосных антенн, как правило, значительно меньше, чем узкополосных, а соединить несколько широкополосных антенн в синфазную систему не удается из-за невозможности согласования такой системы во всем диапазоне частот. Это ограничивает возможности использования широкополосных антенн, допуская их применение только там, где напряженность поля сигналов по всем принимаемым каналам достаточно велика.

Большинство отечественных телецентров и ретрансляторов ведут телевизионные передачи при горизонтальной поляризации сигнала. Приводимые в дальнейшем эскизы различных антенн рассчитаны именно на горизонтальную поляризацию. Однако некоторые ретрансляторы ведут свои передачи при вертикальной поляризации сигнала. Это требует поворота антенны на 90° вокруг горизонтальной оси, направленной на передатчик.

4.2. ПРОСТЕЙШИЕ АНТЕННЫ

Простейшей телевизионной антенной, как уже было сказано, является разрезной полуволновый вибратор. Конструкция такой антенны показана на рис. 4.1. Активная часть антенны – полуволновый вибратор – образована

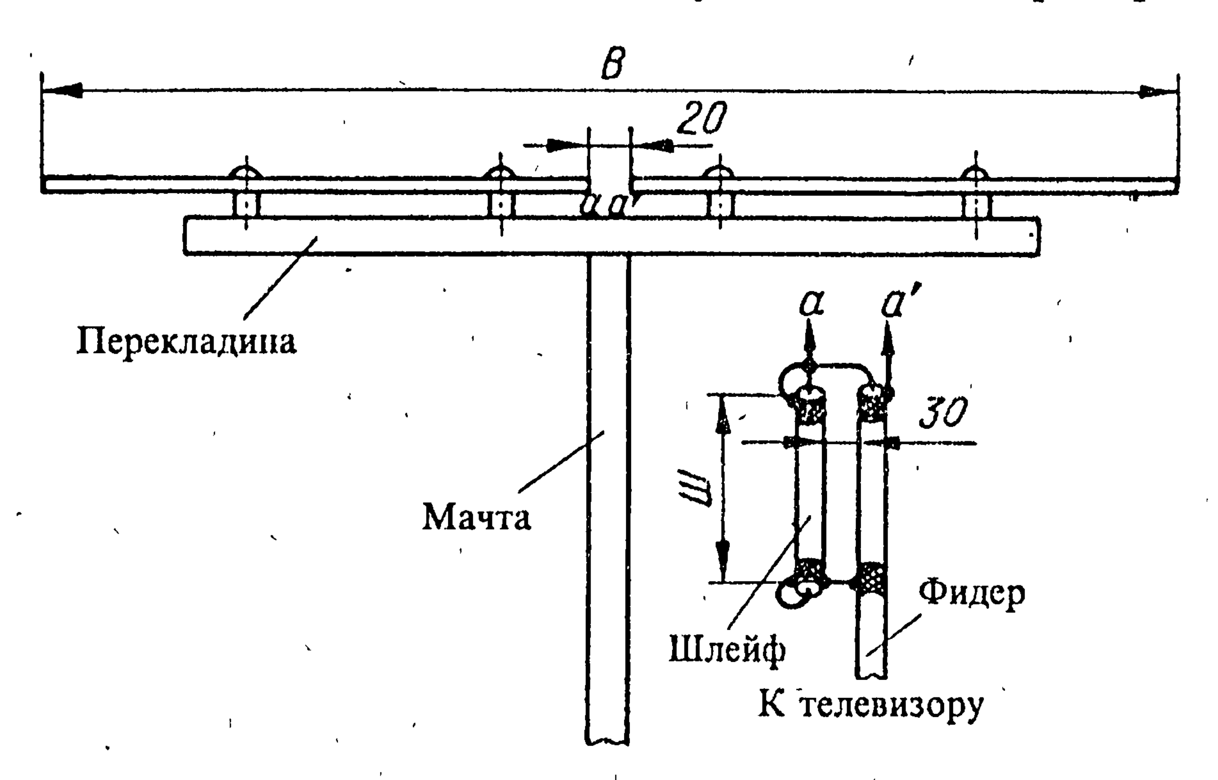


Рис. 4.1. Разрезной полуволновой вибратор

двумя металлическими трубками диаметром 15...20 мм. Плечи вибратора четырьмя длинными шурупами (или винтами с гайками) через изоляционные втулки из пластмассы или с помощью обычных роликов крепятся на горизонтальной перекладине, установленной на вершине металлической или деревянной мачты. Перекладина обязательно должна быть изготовлена из изоляционного материала. Может быть использовано сухое дерево с покраской в несколько слоев масляной краской. Под головки шурупов или винтов подкладывают изоляционные шайбы, а отверстия в трубках вибратора делают диаметром, немного бо́льшим диаметра шурупов или винтов, чтобы они не касались трубок. Концы трубок нужно сплющить или вложить внутрь заглушки из дерева, чтобы предотвратить попадание влаги, а также свист, возникающий при сильном ветре. В принципе, трубки вибратора могут быть выполнены из любого металла, однако предпочтительнее медь или латунь, к которым легко припаять симметрирующее устройство.

Симметрирующее устройство, показанное на том же рисунке, выполняют в виде четвертьволнового симметрирующего шлейфа из того же кабеля, из которого выполнен фидер. Расстояние между фидером и шлейфом должно быть выдержано постоянным по всей длине шлейфа. Для этого можно использовать гетинаксовые распорки. Фидер и шлейф должны подходить к концам вибратора снизу. Ниже шлейфа фидер можно изгибать в нужную сторону и крепить к мачте любым способом, но в пределах шлейфа изгибы нежелательны. Если используется металлическая мачта, она не должна оказаться в пространстве между шлейфом и фидером.

Размеры антенны (В) и симметрирующего шлейфа (Ш) для любого из 12 метровых каналов сведены в табл. 4.1. Размеры перекладины, расстояние между ней и вибратором, а также расстояние между втулками выбирают произвольно.

Таблица 4.1

Размеры антенны разрезной полуволновый вибратор

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, мм	2742	2322	1798	1633	1496	805	771	738	709	681	656	633
Ш, мм	1418	1202	932	848	778	420	402	386	370	356	343	331

Как отмечалось ранее, коэффициент усиления разрезного полуволнового вибратора равен 0 дБ, диаграмма направленности имеет вид восьмерки в горизонтальной плоскости (т. е. вибратор одинаково принимает сигнал и спереди, и сзади) и форму окружности в вертикальной плоскости (т. е. вибратор одинаково принимает сигнал с любых углов места).

Антенна более простой конструкции – петлевой вибратор, называемый также шлейф-вибратор Пистолькорса, показана на рис. 4.2. Оба плеча этого

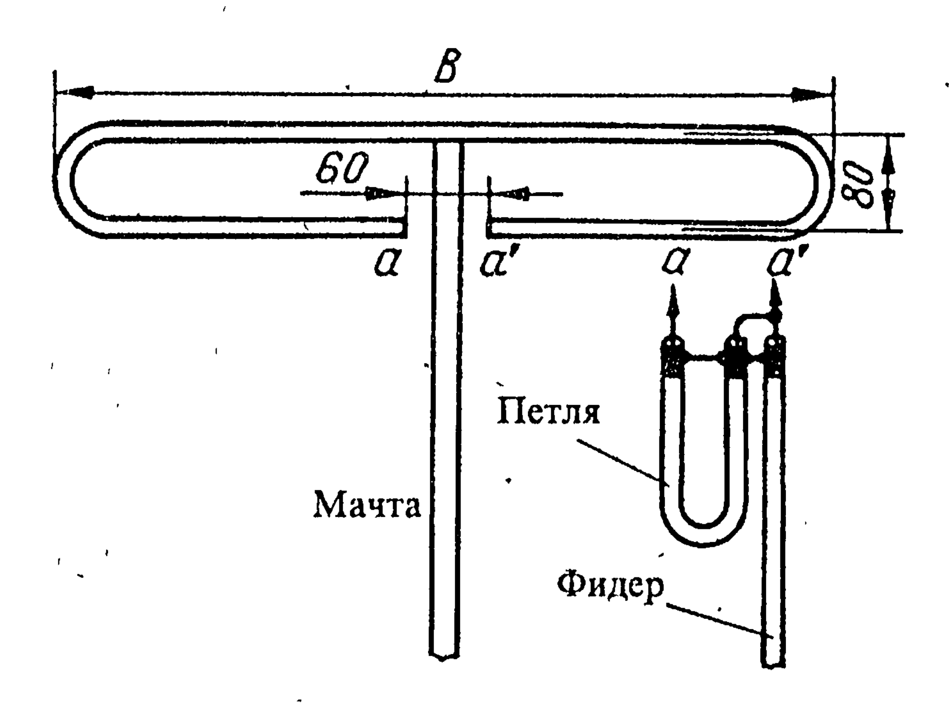


Рис. 4.2. Петлевой вибратор

вибратора выполнены в виде короткозамкнутых шлейфов с длиной каждого, приблизительно равной 1/4 длины волны. Середина верхней неразрезанной части вибратора является точкой нулевого потенциала, что позволяет в этой точке крепить вибратор к металлической мачте без изоляции.

Петлевой вибратор выполняют из тех же материалов, что и разрезной. Радиус закругления концов петлевого вибратора не имеет значения. В точках питания концы трубок можно расплющить. Коэффициент укорочения полуволнового петлевого вибратора значительно меньше зависит от диаметра трубки, чем коэффициент укорочения разрезного вибратора. Поэтому длина петлевого вибратора, выполненного из трубок диаметром 10...20 мм, практически остается неизменной. Механическое соединение петлевого вибратора с мачтой можно выполнять любым способом: сваркой, заклепочным или винтовым соединением без изоляции.

Входное сопротивление петлевого вибратора составляет 292 Ома, но обычно приближенно его считают равным 300 Ом. Некоторые из первых отечественных телевизионных приемников имели симметричный антенный вход с входным сопротивлением также 300 Ом, и с такими телевизорами петлевой вибратор мог соединяться симметричным высокочастотным кабелем КАТВ с волновым сопротивлением 300 Ом. Для подключения к

петлевому вибратору 75-омного коаксиального кабеля необходимо симметрирующе-согласующее устройство в виде полуволновой петли, которое показано также на рис. 4.2. Полуволновая петля уменьшает входное сопротивление антенны в 4 раза, ее выполняют из кабеля любой марки. Длина петлевого вибратора В и длина петли в развернутом виде П для любого метрового канала приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Размеры антенны полуволновый петлевой вибратор

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В, мм	2722	2302	1781	1616	1479	786	752	720	691	664	639	616
П, мм	1865	1581	1227	1116	1023	553	529	508	488	469	452	436

Если разрезной вибратор узкополосный и может принимать сигналы только того канала, на который рассчитана его длина, то петлевой вибратор имеет более широкую полосу пропускания. Поэтому он может удовлетворительно принимать сигналы по двум-трем каналам, соседним по частоте. При этом необходимо иметь в виду, что второй и третий, пятый и шестой каналы не являются соседними по частоте, между ними значительный частотный интервал, как видно из табл. 1.1.

Вместо четвертьволнового короткозамкнутого шлейфа симметрирование полуволнового разрезного вибратора можно осуществить с помощью устройства на ферритовом кольце, которое показано на рис. 3.5,а. Так же симметрирование и согласование с фидером петлевого вибратора можно выполнить без полуволновой петли с помощью такого же устройства на ферритовом кольце, но подключение этого устройства произвести согласно рис. 3.5,б. Такое симметрирование и согласование более компактно. Однако во втором случае сложнее герметизация, необходимая для наружной антенны во избежание попадания влаги. В то же время шлейф или петля в герметизации не нуждаются.

Обе рассмотренные антенны (полуволновые разрезной и петлевой вибраторы) ориентируются по направлению на передатчик так, чтобы они располагались в плоскости, перпендикулярной этому направлению. Однако ориентирование должно контролироваться по изображению на экране телевизора, которое должно иметь максимальную четкость по горизонтали и устойчивую синхронизацию, контрастность же картинки не обязательно должна получаться максимальной. Лучше всего ориентировать антенну при приеме телевизионной испытательной таблицы.

Простейшие антенны в диапазоне дециметровых волн обычно не применяют, так как в этом диапазоне требуется получить от антенны ощутимое усиление из-за меньшей напряженности поля.

4.3. АНТЕННЫ "ВОЛНОВОЙ КАНАЛ"

Антенны типа "Волновой канал" получили широкое распространение в различных профессиональных устройствах радиосвязи и радиолокации. Большинство телевизионных коллективных и индивидуальных антенн

промышленного изготовления также являются антеннами типа "Волновой канал". Это связано с тем, что такие антенны достаточно компактны и обеспечивают получение большого коэффициента усиления при сравнительно небольших габаритах. Иногда антенну "Волновой канал", особенно в зарубежной литературе, называют антенной Уда – Яги по имени впервые описавших ее японских изобретателей.

Антенна "Волновой канал" представляет собой набор элементов: активного – вибратора и пассивных – рефлектора и нескольких директоров, установленных на одной общей стреле.

Принцип действия антенны в следующем. Вибратор определенной длины, находящийся в электромагнитном поле сигнала, резонирует на частоте сигнала, и в нем наводится ЭДС. В каждом из пассивных элементов также наводится ЭДС, и они переизлучают вторичные электромагнитные поля. Эти вторичные поля, в свою очередь, наводят дополнительные ЭДС в вибраторе. Размеры пассивных элементов и их расстояния от вибратора должны быть выбраны такими, чтобы дополнительные ЭДС, наведенные в вибраторе вторичными полями, были в фазе с основной ЭДС, наведенной в нем первичным полем. Тогда все ЭДС будут складываться арифметически, обеспечив увеличение эффективности антенны по сравнению с одиночным вибратором. Для этого рефлектор делается немного длиннее вибратора, а директоры – короче.

Симметричное расположение элементов антенны относительно направления на передатчик создает условия для сложения наведенных ЭДС в вибраторе только для сигнала, приходящего с главного направления. Сигналы, приходящие под углом к главному направлению, создают в вибраторе ЭДС, сдвинутые по фазе относительно основного, и поэтому складываются алгебраически так, как складываются векторы. Их векторная сумма получается меньше арифметической. Сигнал же, приходящий с заднего направления, создает в вибраторе наведенные ЭДС, противофазные основной, и они вычитаются. Таким образом, обеспечивается направленное свойство антенны, формируется узкая диаграмма ее направленности, что соответствует увеличению коэффициента усиления.

Элементы антенн "Волновой канал", которые будут рассмотрены ниже, расположены в пространстве горизонтально, и такие антенны используют для приема сигналов с горизонтальной поляризацией, когда вектор напряженности электрического поля E также горизонтален. Для приема сигналов с вертикальной поляризацией антенна должна быть повернута на 90° так, чтобы ее элементы стали вертикальными.

В связи с тем, что элементы антенны расположены в разных точках пространства, фазы наведенных в них первичным полем ЭДС будут зависеть от координат каждого элемента и их размеров, так как от длины элемента зависит его резонансная частота, а фаза наведенной ЭДС зависит от настройки элемента. Нужно также учесть, что телевизионный сигнал занимает сравнительно широкую полосу частотного спектра, и свойства антенны должны быть хотя бы примерно одинаковыми для всей полосы частот принятого сигнала. Наконец, для хорошего согласования антенны с фидером ее входное сопротивление должно иметь чисто активный характер. Отсюда становится ясно, насколько сложно проектирование антенн типа "Волновой канал", особенно при большом количестве элементов антенны. В

настоящее время разработано множество вариантов таких антенн с разным числом директоров различных размеров и с различным расстоянием между ними. Процесс проектирования многоэлементной антенны типа "Волновой канал" вообще не однозначен. Перед проектировщиком могут быть поставлены разные задачи: либо добиться максимального коэффициента усиления антенны, либо – максимального коэффициента защитного действия, либо – наименьшей неравномерности коэффициента усиления в полосе принимаемых частот, либо – минимального уровня боковых лепестков диаграммы направленности или другие факторы. Кроме того, в процессе проектирования некоторыми размерами антенны приходится задаваться, а остальные получать в результате расчета. Этим объясняется то, что в разных источниках литературы приводятся различные размеры элементов антенн при одинаковом их числе. К сожалению, в литературе при описаниях антенн отсутствуют сведения о том, какие исходные данные были положены в основу проектирования данной конкретной антенны. Следует также учесть, что большинство вариантов многоэлементных антенн "Волновой канал" подобрано экспериментальным путем, что сильно осложняет возможности повторяемости таких конструкций.

Многоэлементная антенна "Волновой канал", по принципу работы аналогичная многоконтурному полосовому фильтру, нуждается в тщательной настройке элементов. Известно, что как бы точно ни были подобраны индуктивности катушек и емкости конденсаторов многоконтурного фильтра, он подлежит обязательной настройке по приборам в связи с тем, что невозможно заранее учесть разбросы различных паразитных параметров, таких как емкости монтажа и индуктивности рассеяния, активные сопротивления катушек на высокой частоте и сопротивления потерь конденсаторов, индуктивности и сопротивления соединительных проводников. Аналогично и при изготовлении многоэлементной антенны "Волновой канал": даже точное соблюдение всех ее размеров не избавляет от необходимости выполнения тщательной настройки по приборам, так как невозможно учесть разбросы в ее конструкции, такие как непараллельность элементов в горизонтальной плоскости, скручивание несущей стрелы, неизбежное под нагрузкой из-за того, что всегда имеется неоднородная по длине трубы эллиптичность ее сечения, а скручивание стрелы приводит к тому, что элементы антенны уже не находятся в одной плоскости. Определенное влияние на работу антенны, которое невозможно учесть, оказывают находящиеся поблизости местные предметы, металлические и неметаллические. Наконец, невозможно абсолютно точно выдержать все размеры, всегда будут отклонения в пределах допусков, а при изменениях окружающей температуры эти отклонения увеличиваются.

Антенну следует настраивать изменением длины каждого элемента и расстояний между ними при контроле формы диаграммы направленности, значения и характера входного сопротивления антенны. Настройка требует специальных полигонных условий, исключающих влияние местных предметов, и специальных приборов: генератора метрового или дециметрового диапазона волн достаточно большой мощности, индикатора напряженности поля, измерителя полных сопротивлений антенн. Не всегда в процессе настройки удается одновременно добиться того, чтобы входное сопротивление антенны было чисто активным и имело нужное значение. Приходится

мириться с полученным значением входного сопротивления антенны при его чисто активном характере. Но при этом кроме настройки антенны приходится также дополнительно осуществлять настройку ее согласования с фидером. Многоэлементные антенны "Волновой канал", используемые в профессиональной аппаратуре, подлежат обязательной индивидуальной настройке на заводе, а в состав аппаратуры входит устройство, позволяющее корректировать согласование антенны с фидером в процессе эксплуатации.

Радиолюбители, занимающиеся постройкой многоэлементных антенн типа "Волновой канал", конечно, не имеют возможности выполнить даже приблизительную настройку антенны, а большинство из них полагает, что антенна, изготовленная точно по чертежам, должна обеспечивать нормальную работу. К сожалению, дело обстоит совсем наоборот. Чем больше элементов содержит антенна, тем сложнее ее настройка и, с другой стороны, тем хуже оказываются фактические характеристики ненастроенной антенны. В первую очередь при расстройке антенны страдает ее диаграмма направленности. Она становится асимметричной, максимум ее главного лепестка отклоняется от оси антенны, расширяются боковые и задний лепестки. В связи с тем, что ухудшается соотношение между площадью главного лепестка и площадью остальных лепестков, падает коэффициент усиления антенны. Входное сопротивление антенны приобретает значительную реактивную составляющую, а его активная составляющая сильно отличается от номинального значения, которое она должна иметь по паспорту. В результате сильно нарушается согласование антенны с фидером. Это приводит к тому, что значительная часть энергии сигнала, принятого антенной, отражается от фидера и излучается обратно в пространство, не поступая на вход телевизионного приемника. Таким образом, резко ухудшаются все без исключения характеристики антенны, подобно тому, как радиоприемник с расстроенными контурами не обладает ни нужной чувствительностью, ни нужной избирательностью. Порой такой приемник вообще не способен принимать радиосигналы. Всем этим объясняются частые разочарования радиолюбителей, которые, построив и установив сложную многоэлементную антенну типа "Волновой канал", сталкиваются с тем, что не получают ожидаемых результатов.

Практика показывает, что антенна "Волновой канал" не нуждается в настройке и обеспечивает получение паспортных характеристик, если она содержит не более трех элементов: вибратор, рефлектор и только один директор. Коэффициент усиления такой антенны составляет 6 дБ, что вполне достаточно для ее использования в зоне ближнего приема. Если же такого коэффициента усиления окажется недостаточно, радиолюбителям не рекомендуется заниматься постройкой многоэлементных антенн типа "Волновой канал", а следует отдать предпочтение антеннам других типов, которые могут обеспечить получение больших коэффициентов усиления и не нуждаются в настройке.

Следует отметить еще одну неприятность, связанную с использованием многоэлементных антенн типа "Волновой канал". Обычно эти антенны содержат петлевой вибратор Пистолькорса. Сам петлевой вибратор имеет входное сопротивление около 300 Ом и хорошо согласуется с фидером из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом путем применения

полуволновой петли. Петля уменьшает входное сопротивление в 4 раза, с 300 до 75 Ом, и обеспечивает симметрирование. При добавлении к петлевому вибратору пассивных элементов входное сопротивление антенны в значительной мере уменьшается. Так, входное сопротивление пятиэлементной антенны в зависимости от ее размеров может находиться в пределах 40...120 Ом. Будучи дополнительно уменьшенным в 4 раза полуволновой петлей, оно падает до 10...30 Ом, что приводит к резкому рассогласованию антенны с фидером. За счет отражения значительной части энергии принятого сигнала и ее излучения обратно в пространство значительно уменьшается коэффициент усиления антенны. В условиях высокого уровня напряженности поля на небольшом расстоянии от передатчика такая потеря усиления антенной не опасна: главной задачей остается защита от помех за счет узкой диаграммы направленности. Однако если многоэлементную антенну устанавливали из-за того, что более простая антенна оказалась недостаточно эффективной, такое решение оказывается ошибочным. Дело осложняется тем, что в литературе при описании многоэлементных антенн "Волновой канал" не указываются значения их входного сопротивления, так как оно очень сильно зависит от настройки антенны. Измерить же входное сопротивление антенны в любительских условиях достаточно трудно, а не зная его, невозможно правильно выбрать схему согласующего устройства.

Двухэлементные антенны "Волновой канал" применяют редко, так как их характеристики ненамного лучше характеристик одиночного вибратора. Поэтому рассмотрим трехэлементную антенну, которая показана на рис. 4.3. Элементы антенны выполнены из металлической трубки диаметром 12–

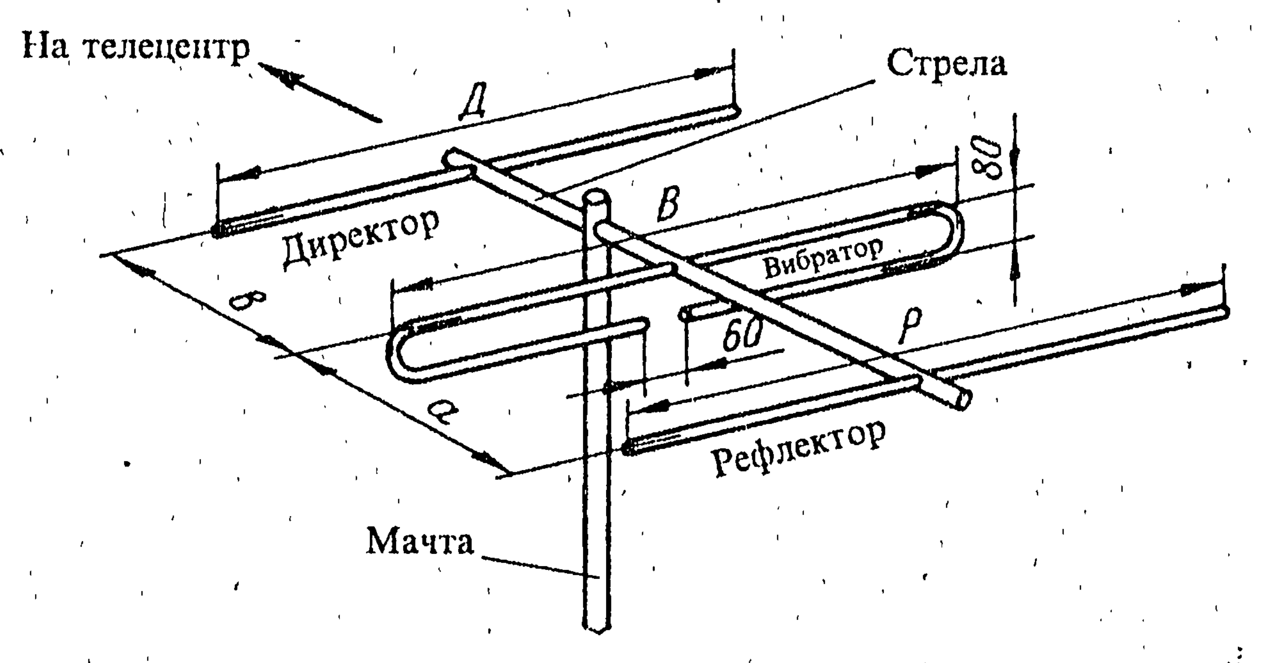


Рис. 4.3. Трехэлементная антенна "Волновой канал"

20 мм. Мачта и стрела могут быть металлическими. При этом элементы антенны должны быть надежно электрически соединены со стрелой с помощью пайки или сварки. Если стрела выполняется из изоляционного материала, специально соединять между собой элементы антенны не нужно. Расположение элементов антенны соответствует горизонтальной поляризации сигнала. Если необходимо принимать сигнал с вертикальной поляризацией, антенна поворачивается так, чтобы ее элементы заняли вертикальное положение. Однако при этом верхняя часть мачты длиной, примерно равной длине рефлектора, должна быть выполнена из изоляционного материала.

Подключение фидера производится с помощью полуволновой петли, как

это показано на рис. 4.2. Входное сопротивление антенны рекомендуемых размеров примерно составляет 150 Ом, поэтому имеется рассогласование антенны с фидером. Однако в условиях ближнего приема более важным является то, что суженная по сравнению с одиночным вибратором диаграмма направленности ослабляет прием помех с других направлений и отраженных сигналов.

Размеры антенны и длина петли в развернутом виде приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Размеры трехэлементной антенны "Волновой канал", мм

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Р	3350	2840	2200	2000	1830	990	950	905	870	840	805	780
В	2760	2340	1790	1620	1510	815	780	745	720	690	665	640
Д	2340	2000	1550	1400	1290	690	660	630	610	585	560	545
а	900	760	590	535	490	270	255	240	230	225	220	215
в	600	510	395	355	330	180	170	160	155	150	145	140
П	1865	1581	1227	1116	1023	553	529	508	488	469	452	436

Коэффициент усиления трехэлементной антенны "Волновой канал" указанных размеров составляет 5,1...5,6 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала на выходе антенны в 1,8...1,9 раз по сравнению с одиночным полуволновым вибратором. Угол раствора главного лепестка диаграммы направленности по половинной мощности составляет 70°. Трехэлементная антенна, установленная на мачте высотой 15...20 м, при равнинной местности может обеспечить нормальный прием телевизионных передач на расстоянии до 60 км от передатчика мощностью 5 кВт при высоте передающей антенны 200 м.

На рис. 4.4 представлена пятиэлементная антенна "Волновой канал". От трехэлементной антенны она отличается двумя дополнительными директо-

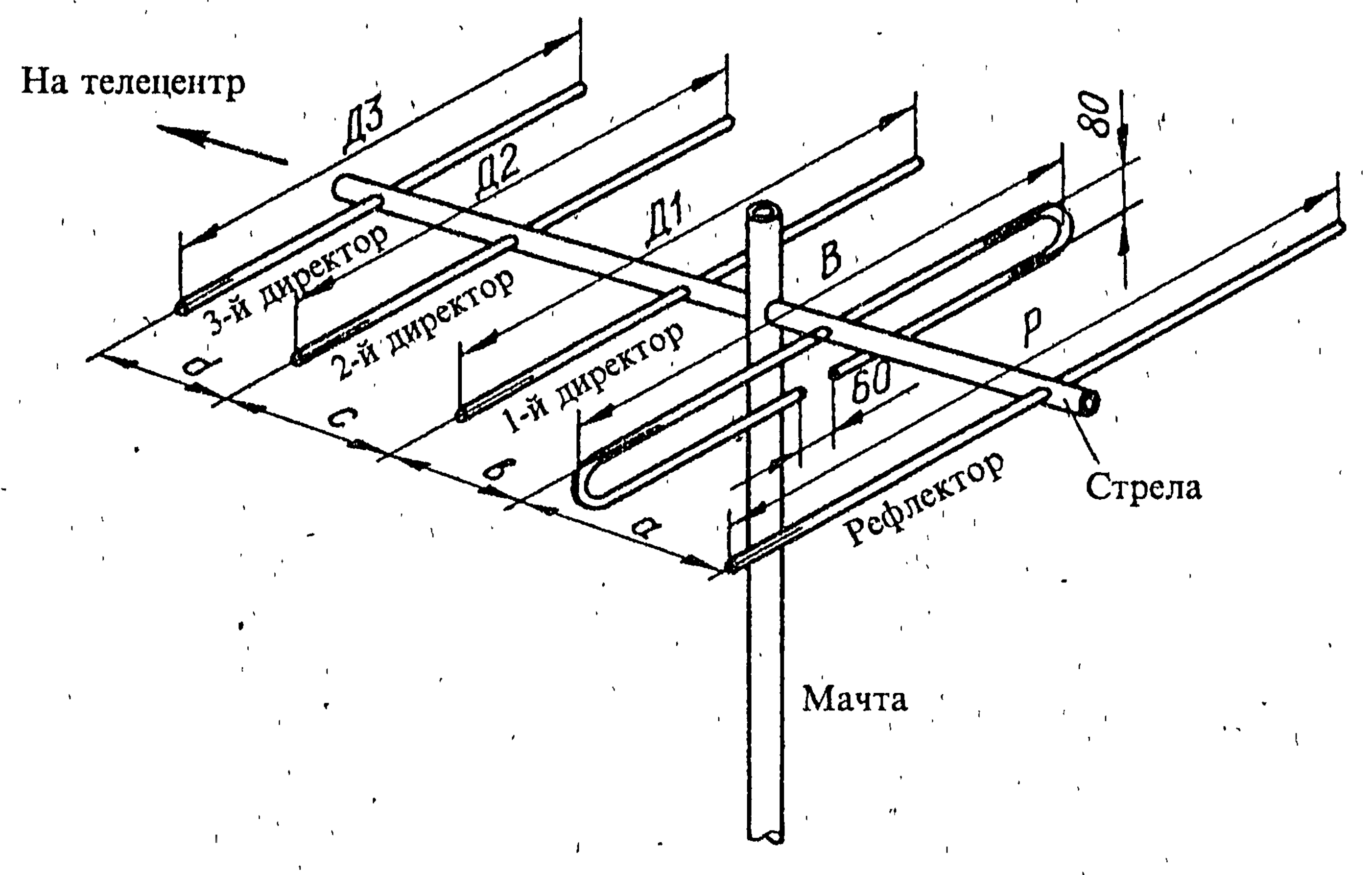


Рис. 4.4. Пятиэлементная антенна "Волновой канал"

рами и размерами элементов. В связи с пониженным входным сопротивлением антенны, которое из-за неизбежной расстройки даже приблизительно указать невозможно, фидер к антенне следует подключать с помощью четвертьволнового короткозамкнутого шлейфа, показанного на рис. 4.1. Размеры этой антенны приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Размеры пятиэлементной антенны "Волновой канал", мм

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Р	3130	2650	2060	1870	1710	840	840	800	760	700	710	680
В	2760	2340	1790	1620	1510	730	690	680	660	605	580	550
Д1	2510	2130	1650	1500	1370	720	680	660	640	610	580	560
Д2	2490	2100	1630	1485	1360	720	680	660	610	610	580	560
Д3	2430	2060	1600	1450	1330	700	660	650	610	610	570	530
а	1200	1030	790	720	660	325	310	300	290	260	260	240
в	730	620	480	435	400	210	210	210	160	190	190	250
с	700	590	460	420	380	500	530	490	450	445	390	385
d	740	625	485	440	400	420	365	370	380	315	350	340
Ш	1418	1202	932	848	778	420	402	386	370	356	343	331

Коэффициент усиления пятиэлементной антенны при условии ее точной настройки для указанных размеров составляет примерно 8,6...8,9 дБ, что соответствует увеличению сигнала на выходе антенны в 2,7...2,8 раз по сравнению с одиночным полуволновым вибратором. Угол раствора диаграммы направленности по половинной мощности составляет 50°. Если антенна не настраивалась, ее параметры могут оказаться хуже, чем у трехэлементной антенны.

Помимо пятиэлементных разработаны и в некоторых литературных источниках публикуются размеры семиэлементных, одиннадцатиэлементных антенн "Волновой канал", а также с еще большим числом элементов. Такие антенны здесь не рассматриваются по следующим причинам. Как уже отмечалось, без тщательной настройки такие антенны, даже выполненные точно по чертежам, обладают плохими характеристиками. Кроме того, с увеличением числа элементов сужается полоса пропускания антенны. Так, полоса пропускания семиэлементной антенны типа "Волновой канал" составляет примерно 5 % частоты, на которую она настроена. Поэтому при приеме сигнала по первому частотному каналу (средняя частота 52,9 МГц) полоса пропускания антенны составит всего 2,65 МГц, т. е. значительно меньше полосы частот, занимаемой спектром телевизионного сигнала, которая примерно равна 7 МГц. Даже на пятом канале полоса пропускания этой антенны оказывается недостаточной. А если в диапазоне 6–12-го каналов или в дециметровом диапазоне полоса пропускания многоэлементной антенны оказывается достаточно широкой, из-за неизбежной расстройки такие самодельные антенны оказываются бесперспективными. Наконец, в условиях ближнего приема нет никакой необходимости в установке таких сложных антенн.

Что касается дальней части зоны прямой видимости или зоны полутени, то там необходимо использовать антенны с повышенным или большим

коэффициентом усиления, который расстроенная антенна обеспечить не может, и для получения такого коэффициента усиления приходится использовать синфазное соединение нескольких сравнительно простых антенн, которые не нуждаются в настройке и хорошо согласуются с фидером.

4.4. РАМОЧНЫЕ АНТЕННЫ

В тех конкретных условиях приема телевизионных передач, когда простейшие антенны или трехэлементная антенна типа "Волновой канал" не могут обеспечить получение на экране телевизора удовлетворительного качества изображения, можно рекомендовать двухэлементную рамочную антенну, которая иначе называется обычно антенной "Двойной квадрат". Рамочные антенны сочетают повышенный коэффициент усиления с простотой конструкции и отсутствием необходимости настройки при сравнительно узкой полосе пропускания. Узкополосные антенны по сравнению с широкополосными обладают таким дополнительным преимуществом, как частотная избирательность. Благодаря этому на вход телевизионного приемника не могут проникнуть помехи от других телевизионных передатчиков, работающих на соседних по частоте каналах, если по каким-либо причинам возникли благоприятные условия распространения их сигналов в данном направлении. Особенно важна частотная избирательность антенны в условиях слабого сигнала. Дело в том, что нередки случаи, когда необходимо обеспечить прием слабого сигнала от удаленного передатчика, но поблизости работает мощный передатчик другой программы на соседнем канале. В таких условиях частотной избирательности телевизионного приемника может не хватить. Кроме того, как известно, интенсивная помеха, поступая на первый же нелинейный элемент схемы приемника (электронную лампу, транзистор или микросхему), приводит к перекрестной модуляции сигнала этой помехой. В последующих каскадах избавиться от этой помехи в приемнике уже невозможно. Поэтому ослабление такой помехи за счет частотной избирательности антенны имеет очень важное значение.

Наибольшее распространение получили двухэлементные рамочные антенны, хотя иногда используют также и трехэлементные рамочные антенны. Впервые предложил использовать эти антенны для приема телевидения советский энтузиаст дальнего приема С.К. Сотников. Его первая статья с описанием двухэлементных рамочных антенн была помещена в журнале "Радио", 1959 г., № 4, с. 31–32. Многочисленные эксперименты радиолюбителей подтвердили их эффективность. Антенны с числом рамок более трех не используют по тем же самым причинам, по которым нецелесообразно применение многоэлементных антенн "Волновой канал": необходимость тщательной настройки, без которой параметры антенны от увеличения числа элементов не улучшаются.

Двухэлементная рамочная антенна показана на рис. 4.5. Рамки антенны имеют квадратную форму, а по углам могут иметь закругления произвольного радиуса, не превышающего примерно 1/10 стороны квадрата. Рамки выполняют из металлической трубки диаметром 10...20 мм для антенн 1–5-го каналов или 8...15 мм для антенн 6–12-го каналов. Как и при

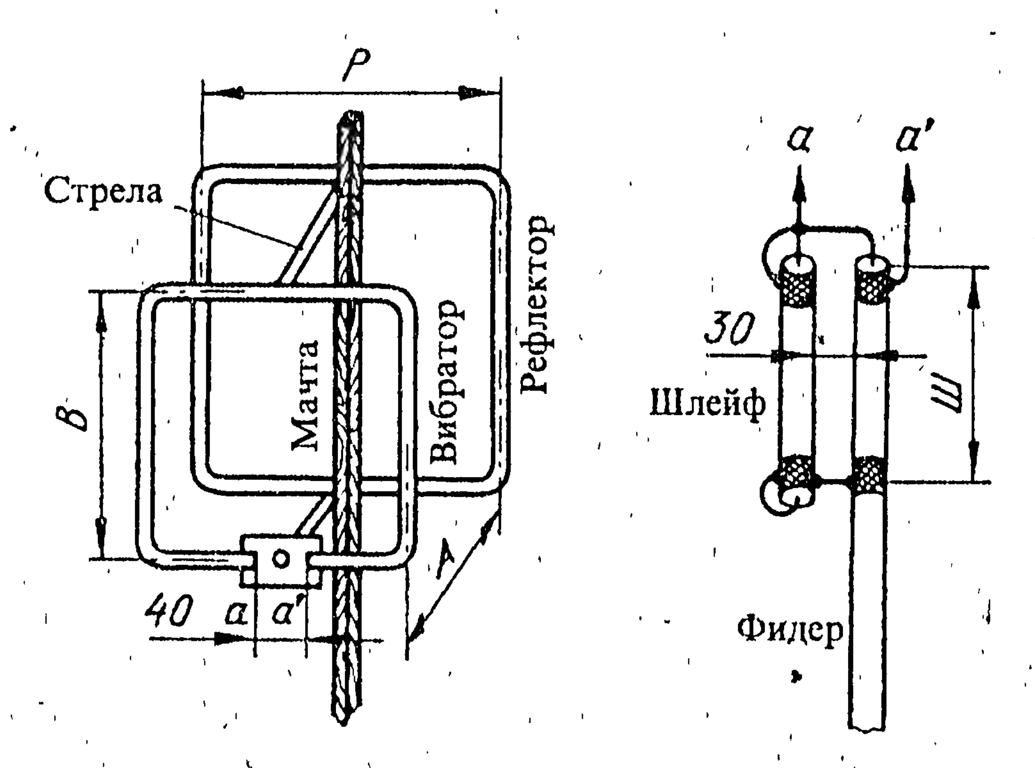


Рис. 4.5. Двухэлементная рамочная антенна

изготовлении других антенн, металл может быть любым, но предпочтительнее медь или латунь. Верхняя стрела соединяет середины обеих рамок, а нижняя стрела изолирована от вибраторной рамки и крепится к пластине, изготовленной из гетинакса, текстолита или оргстекла толщиной 6...8 мм и размерами 30×60 мм. К этой же пластине крепятся концы вибраторной рамки винтами с гайками, для чего концы рамки можно расплющить. Стрелы могут быть выполнены металлическими или из изоляционного материала – текстолита или винипласта. В этом случае специально соединять рамки между собой нет необходимости. Мачта должна быть деревянной, по крайней мере ее верхняя часть. Металлическая часть мачты должна заканчиваться на 1,5 м ниже антенны. Рамки антенны располагают одна относительно другой так, чтобы их воображаемые центры (точки пересечения диагоналей квадратов) находились на горизонтальной прямой, направленной на передатчик. Крепление антенны к мачте производится в центре тяжести.

Фидер подключается к концам вибраторной рамки с помощью четвертьволнового короткозамкнутого симметрирующего шлейфа из того же кабеля, что и фидер. Шлейф и фидер должны подходить к антенне вертикально снизу, расстояние между ними должно быть постоянным по всей длине шлейфа, для чего можно предусмотреть распорки из гетинакса. Можно также закрепить фидер и шлейф на изоляционной пластине, к которой крепятся нижняя стрела и концы вибраторной рамки, изготовив ее в виде буквы Т. При этом в пластине сверлят небольшие отверстия, а фидер и шлейф привязывают к ней капроновой леской. Использовать металлические элементы их крепления нежелательно.

Для обеспечения жесткости можно выполнить шлейф из двух металлических трубок, соединенных верхними концами с концами вибраторной рамки. В этом случае фидер пропускают внутри правой трубки снизу вверх, оплетку кабеля припаивают к правому, а центральную жилу – к левому концам вибраторной рамки. Трубки шлейфа в нижней части замыкаются перемычкой, перемещением которой можно подстроить антенну на максимум принимаемого сигнала.

По данным С.К. Сотникова, коэффициент усиления двухэлементной рамочной антенны, выполненной по рекомендованным им размерам,

составляет 8...9 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала в 2,5...2,8 раз по сравнению с напряжением сигнала на выходе полуволнового вибратора. Входное сопротивление этой антенны находится в пределах 70...80 Ом.

Размеры двухэлементной рамочной антенны, рекомендованные С.К. Сотниковым для любого из 12 метровых телевизионных каналов, приведены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Размеры двухэлементных рамочных антенн метровых волн, мм

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В	1450	1220	930	840	770	410	390	370	360	345	330	320
Р	1630	1370	1050	950	870	460	440	420	405	390	375	360
А	900	760	580	530	480	250	240	230	220	210	210	200
Н	4500	3800	2900	2600	2400	1280	1230	1180	1130	1090	1050	1000
Ш	1500	1260	970	880	800	430	410	390	375	360	350	335
Т	1000	840	640	580	530	280	270	260	250	240	230	220

В своей книге "Антенны любительских радиостанций" (М.: ДОСААФ, 1962) В.П. Шейко приводит другие размеры двухэлементных рамочных антенн, которые можно вычислить по следующим формулам:

$$B = 0,26\lambda, \quad P = 0,31\lambda, \quad A = 0,18\lambda,$$

где λ – длина волны канала изображения $\lambda_и$ или средняя длина волны принимаемого частотного канала $\lambda_с$, которые приведены в табл. 1.1. Остальные размеры антенны берутся такими же, как указано в табл. 4.5. Для антенны таких размеров В.П. Шейко указывает, что коэффициент усиления составляет 9...11 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала в 2,8...3,5 раз по сравнению с напряжением сигнала на выходе полуволнового вибратора. Входное сопротивление такой антенны около 100 Ом.

Исходя из приведенных значений коэффициента усиления, можно сделать вывод о том, что по усилению двухэлементная рамочная антенна эквивалентна пятиэлементной антенне "Волновой канал" или немного эффективнее ее, но имеет меньшие габариты и лишена ее недостатков, так как не нуждается в настройке, хорошо согласуется с фидером и обладает хорошей повторяемостью параметров. Это объясняется тем, что активной приемной частью каждой рамки являются ее верхняя и нижняя горизонтальные части. Получается, что двухэлементная рамочная антенна содержит четыре элемента и эквивалентна двухэтажной синфазной решетке, собранной из двухэлементных антенн "Волновой канал". Влияние дополнительных двух элементов второго этажа оказывается сильнее, чем добавление двух директоров к двухэлементной антенне "Волновой канал", за счет сужения диаграммы направленности в вертикальной плоскости, а это очень важно в условиях дальнего приема, когда сигнал приходит с линии горизонта под малым углом места. Наличие же всего двух элементов, взаимодействующих в каждом этаже, обеспечивает стабильность параметров антенны и их независимость от естественных разбросов в размерах. Благодаря этому

отпадает необходимость индивидуальной настройки каждой антенны и обеспечивается хорошее согласование ее с фидером.

В качестве наружной антенны можно также использовать трехэлементную рамочную антенну, аналогичную показанной на рис. 3.6. Отличие наружной антенны от комнатной лишь в том, что ее рамки для большей прочности должны быть выполнены из металлической трубки или прутка диаметром 6...10 мм, а стрелы и пластина изолятора – более толстыми. Остальные размеры для антенны дециметрового диапазона волн должны соответствовать указанным в табл. 3.2. В связи с тем, что полоса пропускания антенны в дециметровом диапазоне охватывает сразу несколько частотных каналов, размеры даются не для одного канала, а для группы каналов, соседних по частоте.

Трехэлементную рамочную антенну также можно использовать в диапазонах метровых волн. Размеры такой антенны для любого из 12 частотных каналов приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Размеры трехэлементных рамочных антенн метровых волн, мм

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Д	1255	1060	825	750	688	370	354	340	325	312	300	290
В	1485	1260	975	890	812	438	418	400	385	370	357	345
Р	1810	1530	1190	1080	990	532	510	488	470	450	435	420
А	630	532	412	375	345	185	177	170	163	157	150	145
Б	915	775	600	545	500	270	258	246	237	228	220	210
Н	5600	4600	3600	3200	3000	1680	1600	1500	1450	1400	1350	1300
Ш	1500	1260	970	880	800	430	410	390	375	360	350	335
Т	1000	840	640	580	530	280	270	260	250	240	230	220

Рамки и верхнюю стрелу антенны метровых волн для достаточной прочности выполняют из трубки диаметром 10...15 мм, а расстояние между концами вибраторной рамки увеличивают до 50 мм.

Как отмечалось, коэффициент усиления трехэлементной рамочной антенны указанных размеров по данным В.П. Шейко составляет 14...15 дБ, что значительно превышает коэффициент усиления многоэлементных антенн "Волновой канал". Для сравнения напомним, что коэффициент усиления семиэлементной антенны "Волновой канал" равен 10 дБ, одиннадцатиэлементной – 12 дБ, шестнадцатиэлементной – 13,5 дБ. Причем эти значения соответствуют точно настроенным антеннам. При изготовлении же антенн "Волновой канал" в любительских условиях без их тщательной настройки указанные значения коэффициентов усиления в лучшем случае следует уменьшить на 3 дБ. Если учесть, что трехэлементная рамочная антенна не нуждается в настройке, ее преимущества очевидны.

Большой коэффициент усиления рамочных антенн указывает на достаточно малую ширину лепестка диаграммы направленности. Поэтому такие антенны необходимо ориентировать на передатчик более тщательно. Можно рекомендовать следующий способ. Регулятором контрастности телевизора установить минимальную контрастность, при которой еще сохраняется синхронизация. Затем подстроить соответствующими регуля-

торами частоты строчной и кадровой разверток и вновь уменьшить контрастность до срыва синхронизации. После этого скорректировать ориентировку антенны до восстановления синхронизации. Можно вновь уменьшить контрастность и подориентировать антенну. На равнинной местности, как правило, достаточно ориентировать антенну только по азимуту при сохранении горизонтального положения ее оси. В условиях же горной местности часто приходится также ориентировать антенну и по углу места, наклоняя ее ось, когда сигнал приходит не с линии горизонта, а с вершины какой-либо горы, являющейся его переизлучателем.

Двухэлементную антенну можно использовать на расстоянии до передатчика, примерно равном 70 % расстояния прямой видимости, а трехэлементную – вплоть до границы прямой видимости, конечно, при достаточной мощности передатчика. Если же принимается сигнал от передатчика малой мощности и даже в ближней части зоны прямой видимости, полуволновый вибратор или трехэлементная антенна "Волновой канал" не обеспечивает хорошего приема, двухэлементная рамочная антенна (а тем более трехэлементная рамочная антенна) позволит достичь увеличения уровня сигнала на входе телевизора. Иногда либо из-за удаленности от передатчика, либо из-за недостаточной мощности этого передатчика контрастность изображения на экране телевизора оказывается недостаточной, а на экране цветного телевизора получается только черно-белое изображение и получить цветное изображение не удается. В этих случаях использование рамочных антенн также позволяет получить хороший эффект.

4.5. ЗИГЗАГООБРАЗНЫЕ АНТЕННЫ

Если антенны типа "Волновой канал" и рамочные узкополосные, то зигзагообразные антенны широкополосные и могут работать в широком диапазоне частот. В пределах того диапазона частот, на который рассчитана зигзагообразная антенна, она обладает сравнительно постоянными параметрами, удовлетворительно согласуется с фидером, а ее коэффициент усиления изменяется в небольшой степени. Еще одно из достоинств этих антенн – возможность легкого изготовления в домашних условиях, так как зигзагообразные антенны могут быть выполнены из подручных материалов. Впервые зигзагообразная антенна описана в радиолюбительской литературе К.П. Харченко в журнале "Радио", 1961 г., № 3, а ее разновидности многократно публиковались в последующие годы. Одна из простейших зигзагообразных антенн показана на рис. 4.6. В качестве мачты 1 используется деревянный брусок сече-

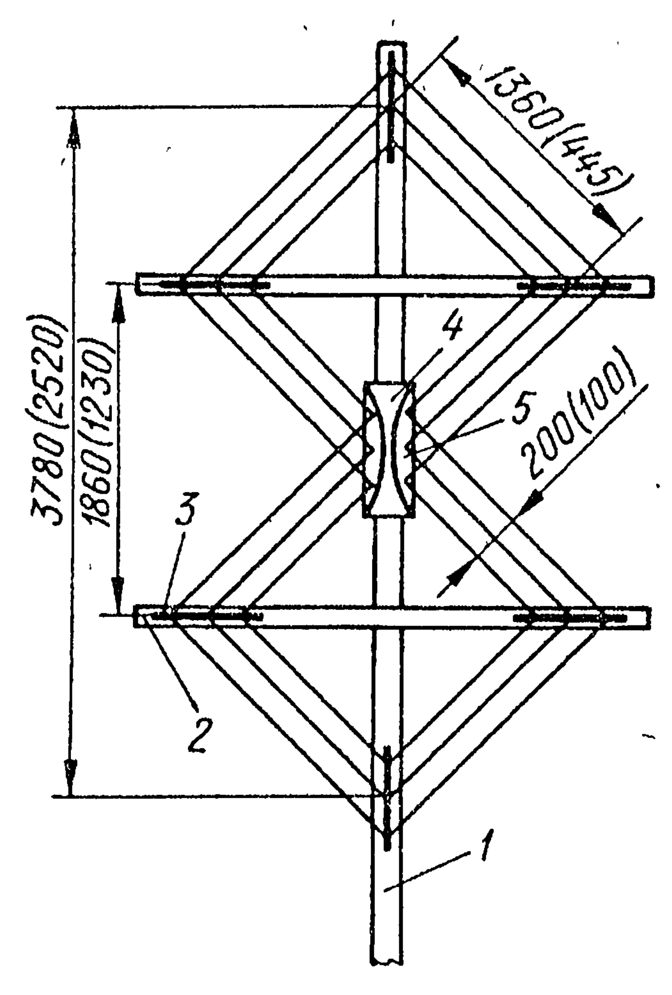


Рис. 4.6. Проволочная зигзагообразная антенна

нием 60×60 мм, к которому крепятся под углом 90° две рейки 2, выполненные из деревянных брусков сечением 40×40 мм. Рейки необходимо врезать в мачту заподлицо, а затем скрепить с ней болтами с гайками. В верхней и нижней частях мачты к ней крепятся гвоздями или шурупами две планки 3 из листовой меди, латуни или белой жести размерами 20×300 мм. Еще четыре такие же планки устанавливаются на концах реек, но эти планки изолируют от реек прокладками из гетинакса. К мачте посредине между рейками крепится пластина 4 из гетинакса размерами 80×300 мм, а к ней – две металлические пластинки 5 в форме сегментов радиусом 340 мм, хордой 300 мм и стрелой 35 мм. Ширина просвета между пластинками в наиболее узкой части должна получиться равной 10 мм.

Полотно антенны выполняется обмоточным, монтажным проводом или антенным канатиком произвольного диаметра, который в точках изгиба припаивается к планкам 3 и пластинкам 5. Полотно образовано тремя параллельными проводами с точками питания на пластинках 5. Верхняя и нижняя планки при работе антенны оказываются в точках нулевого потенциала во всем диапазоне принимаемых волн, что позволяет не изолировать их от мачты и обойтись без ССУ при использовании в качестве фидера 75-омного коаксиального кабеля. Кабель проходит по мачте вверх до нижней планки, затем прокладывается между проводами левой части зигзага к точкам питания. Здесь оплетка кабеля припаивается к левой пластинке, а центральная жила – к правой.

Размеры, показанные на рис. 4.6 без скобок, относятся к антенне, рассчитанной на прием телевизионного сигнала в диапазоне с первого по пятый телевизионный канал (диапазоны I и II). При этом согласование антенны с фидером характеризуется коэффициентом бегущей волны в фидере, превышающим 0,45, что соответствует передаче мощности сигнала к телевизору не менее 85 %. Коэффициент усиления антенны по диапазону изменяется в пределах 4,3...7,9 дБ с максимумом вблизи 3-го частотного канала.

Такая же антенна может быть выполнена для приема сигнала в диапазоне III (6–12-й каналы). Размеры такой антенны показаны на рисунке в скобках. Длина планок берется равной 150 мм, изоляционная пластина 4 – размерами 80×150 мм, а металлические пластины 5 в форме сегментов радиусом 97 мм, хордой 150 мм и стрелой 35 мм. В связи с тем, что относительная ширина этого диапазона меньше, согласование антенны с фидером получается лучше: коэффициент бегущей волны в фидере превышает 0,65 (к телевизору передается более 96 % принятой антенной мощности сигнала). Коэффициент усиления антенны изменяется по диапазону в пределах 4,8...6,9 дБ.

Антенна таких же размеров и с такими же характеристиками может быть получена, если вместо каждой из шести металлических планок установить на мачте и рейках по три ролика от электропроводки. При этом у каждой группы роликов провода полотна необходимо замкнуть между собой припайкой проволочных перемычек. Наконец, полотно антенны можно выполнить из металлической полосы шириной 120 мм (1–5-й каналы) или 70 мм (6–12-й каналы). Размеры антенны остаются прежними. Полотно этой конструкции может быть образовано из восьми полос, которые соединяются

по углам зигзага пайкой, или одной длинной полосой, которая перегибается по углам зигзага. От реек полосы по-прежнему изолируются.

Другой вариант зигзагообразной антенны показан на рис. 4.7. Антенна представляет собой металлическое кольцо или деревянный обруч с проложенным по поверхности обруча проволочным кольцом. Проволоку можно закрепить к поверхности деревянного обруча скобками. Кольцо или

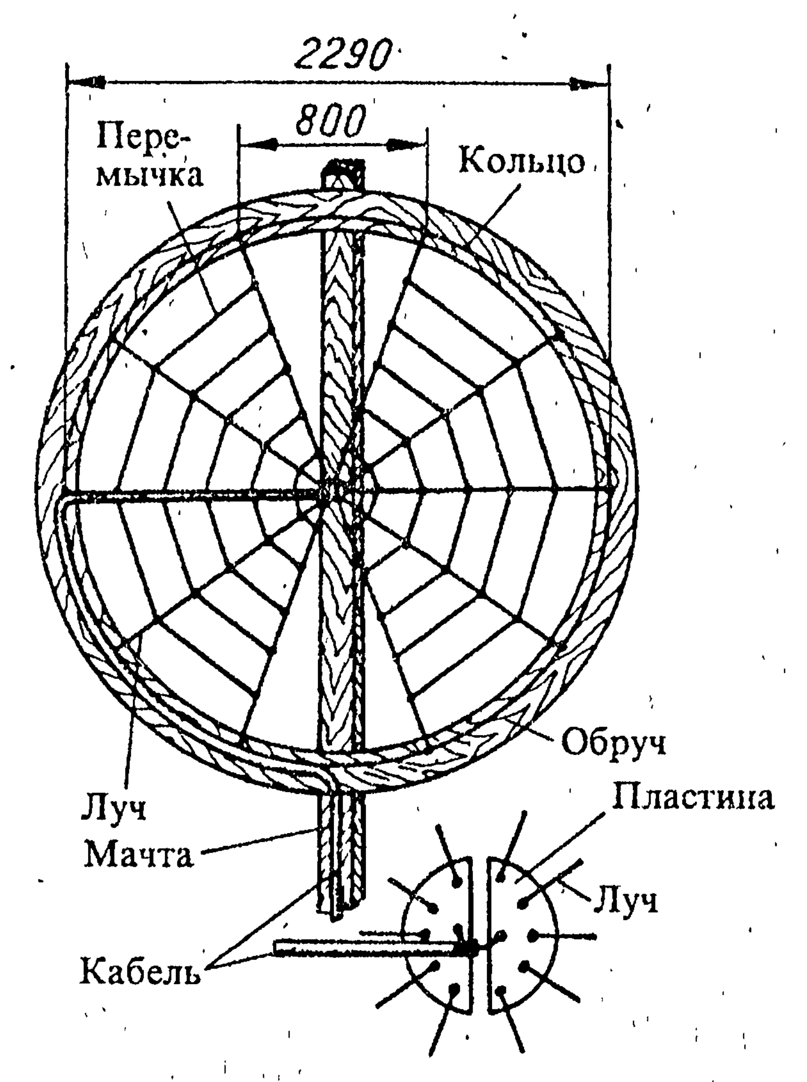


Рис. 4.7. Кольцевая зигзагообразная антенна

Рис. 4.8. Зигзагообразная антенна с рефлектором

обруч крепят на деревянной мачте. В центре кольца к мачте на изоляционном основании устанавливают две полукруглые металлические пластины, выполненные из листовой меди, латуни или белой жести радиусом 50 мм. Каждую пластину соединяют с кольцом пятью лучами, расположенными под одинаковыми углами. Затем лучи соединяют между собой пятью перемычками, расположенными также на одинаковом расстоянии одна от другой. Проволочное кольцо, лучи и перемычки можно изготовить из антенного канатика или медного провода диаметром 1,5...3,0 мм. Все соединения нужно тщательно пропаять. Прокладка и подключение кабеля, которое производится также без ССУ, показаны на том же рисунке.

Кольцевая зигзагообразная антенна указанных размеров способна принимать сигналы всех 12 каналов метрового диапазона волн. Антенна удовлетворительно согласуется с 75-омным коаксиальным кабелем: на каналах с третьего по двенадцатый согласование хорошее, на первом и втором – несколько хуже. Коэффициент усиления антенны плавно нарастает при увеличении номера канала примерно от 0,5 дБ на первом канале до 11,5 дБ на двенадцатом. Такое изменение коэффициента усиления соответствует необходимости, так как с уменьшением длины волны сигнала при постоянных напряженности поля и коэффициенте усиления антенны

напряжение сигнала на выходе антенны должно пропорционально уменьшаться.

Рассмотренные конструкции зигзагообразных антенн имеют два одинаковых лепестка диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, максимумы которых направлены перпендикулярно плоскости полотна антенны. Таким образом, эти антенны принимают сигнал как спереди, так и сзади, подобно одиночному полуволновому вибратору, что создает опасность приема помех с заднего направления. Значительно улучшить работу зигзагообразной антенны можно за счет ее усложнения добавлением рефлектора (рис. 4.8). Рефлектор образован горизонтальными металлическими трубками, прикрепленными к мачте, а полотно антенны отодвинуто от плоскости рефлектора на некоторое расстояние А. В точках нулевого потенциала в верхней и нижней частях полотно антенны металлическими стойками крепят к мачте, которая также может быть металлической. В средней части такими же двумя стойками к мачте крепят изоляционную пластину, на которой закреплены углы полотна антенны в точках питания. Диаметр трубок рефлектора можно выбирать произвольно, а их длина Р для антенны 1–5-го каналов должна составлять 3100 мм, для антенны 6–12-го каналов 890 мм, расстояние между полотном антенны и плоскостью рефлектора А для 1–5-го каналов 600 мм, для 6–12-го каналов – 340 мм, расстояние между трубками рефлектора Б для антенны 1–5-го каналов должно быть 290 мм, для антенны 6–12-го каналов 193 мм. Размеры полотна антенны такие же, как на рис. 4.6. Таким образом, рефлектор содержит 14 трубок. Размеры изоляционной пластины выбирают произвольно. Кабель к этой антенне прокладывают следующим образом: по мачте вверх, по нижней стойке, затем по левой части антенного полотна до точек питания. Здесь оплетку припаивают к углу левой части полотна, а центральную жилу – к углу правой части.

Диаграмма направленности этой антенны имеет только один главный лепесток, а задний практически отсутствует. Согласование антенны 1–5-го каналов с фидером получается не очень хорошим, так как для его улучшения следовало бы увеличить расстояние А, но это конструктивно сложно. У антенны 6–12-го каналов согласование значительно лучше. Коэффициент усиления антенны 1–5-го каналов плавно нарастает от 7,8 дБ на первом канале до 14 дБ на пятом, а антенны 6–12-го каналов изменяются в меньших пределах от 7,8 до 10 дБ.

Еще одна зигзагообразная антенна показана на рис. 4.9. Она также содержит рефлектор и об-

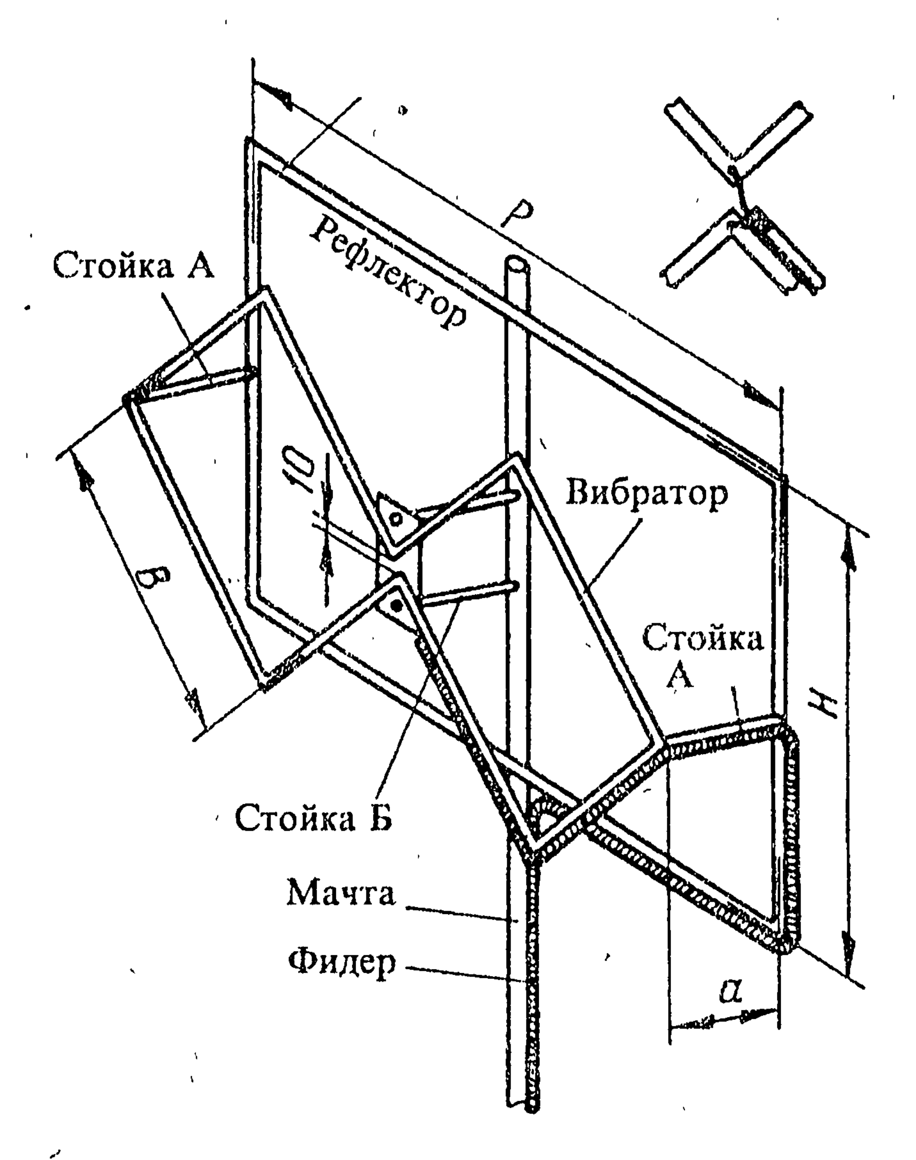


Рис. 4.9. Зигзагообразная антенна с рефлектором

ладает такими же характеристиками, как и предыдущая, но рассчитана на вертикальную поляризацию сигнала. Рефлектор этой антенны образован металлической рамой, закрепленной на металлической мачте. К раме припаивают 15 вертикально натянутых проводов диаметром 0,8...1,2 мм. Для улучшения согласования антенны с фидером ее размеры целесообразно выбирать конкретно для того частотного канала, сигнал которого будет приниматься этой антенной. При выборе размеров антенны под конкретный канал удается также получить больший коэффициент усиления антенны, чем при выполнении широкополосной антенны. Это особенно важно для антенны вертикальной поляризации, где напряженность поля обычно бывает меньше, чем при горизонтальной поляризации. Размеры антенны, показанной на рис. 4.9, приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Размеры зигзагообразной антенны с рефлектором, мм

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В	1710	1450	1130	1025	950	510	485	465	450	430	415	400
Р	4830	4090	3190	2890	2650	1430	1360	1310	1260	1210	1160	1120
Н	2600	2200	1800	1600	1500	900	800	750	700	650	625	600
а	870	725	570	500	455	240	230	220	210	205	200	195

Если полотно антенны выполнено из металлической трубки диаметром 8...16 мм для 1–5-го каналов и 4...8 мм для 6–12-го каналов, по данным К.П. Харченко коэффициент усиления антенны составляет 9 дБ.

Сравнение зигзагообразных антенн с рамочными позволяет сделать следующие выводы. Конструктивно зигзагообразные антенны проще, легко могут быть изготовлены в домашних условиях из подручных материалов и не нуждаются в согласующем устройстве. Основное достоинство зигзагообразных антенн в том, что они могут быть выполнены широкополосными для использования там, где возможен прием нескольких телевизионных программ. Однако рамочные антенны имеют значительно меньшие габариты и при сравнимых размерах более эффективны.

4.6. АНТЕННЫ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ

Антеннами бегущей волны принято называть направленные антенны, вдоль геометрической оси которых распространяется бегущая волна принимаемого сигнала. Обычно антенна бегущей волны состоит из собирательной линии, к которой подключено несколько вибраторов, расположенных на одинаковом расстоянии один от другого. Наведенные электромагнитным полем ЭДС в вибраторах складываются в собирательной линии в фазе и поступают в фидер. Коэффициент усиления антенны бегущей волны определяется длиной собирательной линии и пропорционален отношению этой длины к длине волны принимаемого сигнала. Кроме того, коэффициент усиления антенны зависит от направленных свойств вибраторов, подключенных к собирательной линии. Хотя по определению к антеннам бегущей волны должны относиться и такие антенны, как антенны типа "Волновой канал", однако обычно их выделяют в отдельную группу. У

антенны "Волновой канал" один вибратор активный, остальные – пассивные, лишь переизлучающие принятую ими энергию сигнала, которая частично аккумулируется активным вибратором. У антенны бегущей волны все вибраторы активные, принятая ими энергия сигнала передается в собирательную линию. Если антенны "Волновой канал" являются узкополосными и способны эффективно принимать сигнал только по одному определенному частотному каналу, которому соответствуют их размеры, то антенны бегущей волны широкополосные и совершенно не нуждаются в настройке.

Одна из возможных конструкций телевизионных антенн бегущей волны, предложенная В.Д. Кузнецовым, показана на рис. 4.10. Собирательная линия образована двумя металлическими трубками диаметром 22...30 мм и

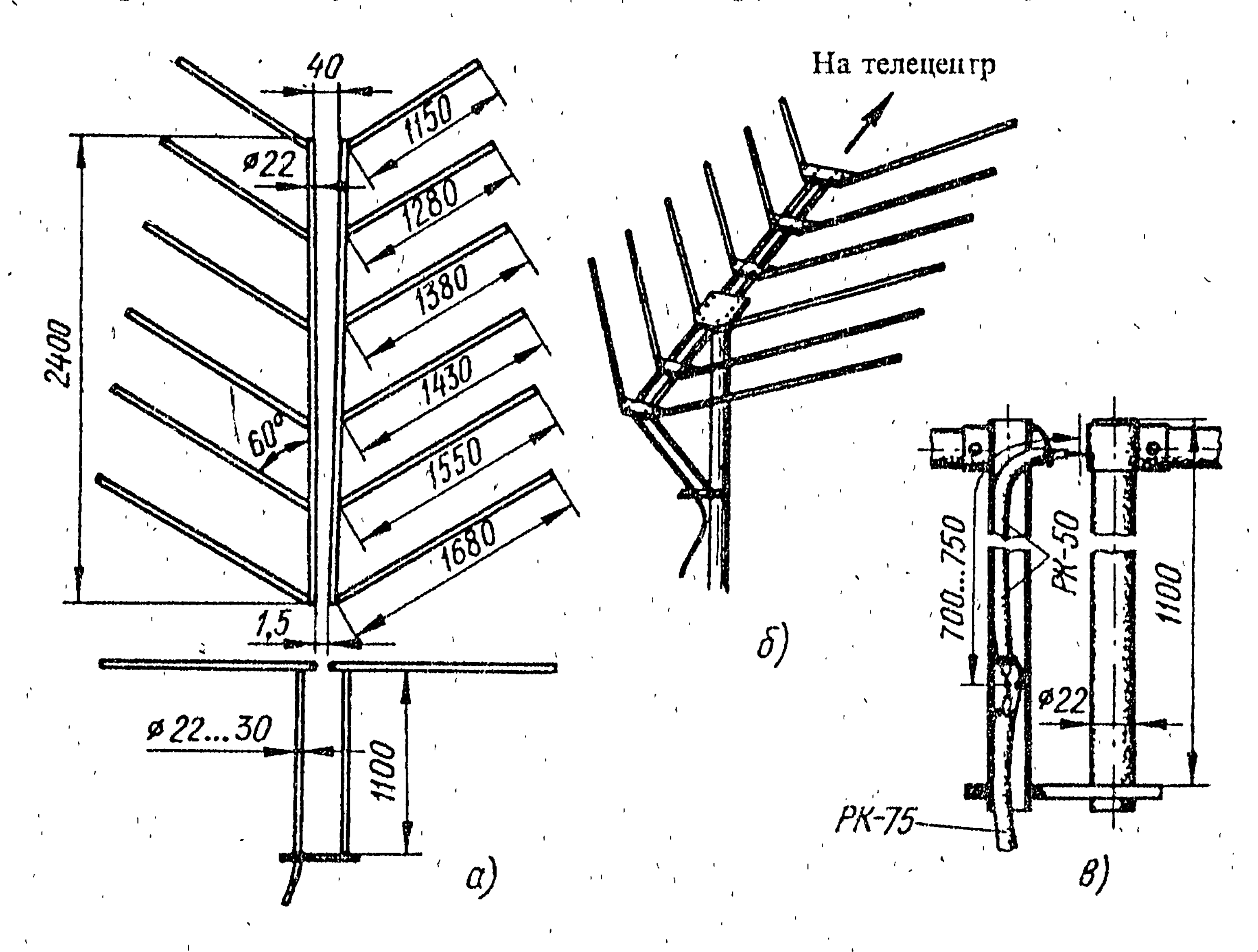


Рис. 4.10. Антенна бегущей волны

представляет собой двухпроводную линию переменного волнового сопротивления. Для этого она выполнена расходящейся под небольшим углом, что обеспечивается установкой небольших изоляционных пластинок из оргстекла между трубками собирательной линии у ее концов и в середине. К каждой из трубок собирательной линии под углом 60° присоединены трубки такого же диаметра, которые образуют шесть вибраторов, согнутых под углом 120°. Такие вибраторы обеспечивают значительное уменьшение заднего лепестка диаграммы направленности антенны, благодаря чему в большей части рабочего диапазона КЗД антенны оказывается не менее 14 дБ. Трубки собирательной линии скреплены между собой расположенными сверху и снизу пластинами из изоляционного материала, средняя из которых используется для укрепления антенны на мачте.

Фидер подключают к антенне с помощью короткозамкнутого шлейфа,

образованного двумя металлическими трубками с перемычкой в нижней части. Фидер в виде 75-омного кабеля входит внутрь левой трубки шлейфа снизу. К его концу подключен отрезок 50-омного кабеля, который служит трансформатором. Другой конец этого отрезка кабеля выходит через верхний конец левой трубки шлейфа. Здесь оплетка кабеля припаивается к левой трубке шлейфа, а центральная жила – к правой. Длина шлейфа 1100 мм и трансформатора 700 мм выбраны так, что в диапазоне 1–5-го каналов они соответствуют примерно 1/4 длины волны, а в диапазоне 6–12-го каналов – 3/4 длины волны, если брать среднюю длину волны этих диапазонов. Это обеспечивает приемлемое согласование антенны с фидером. Диаметр трубок, из которых выполнен короткозамкнутый шлейф, может быть произвольным. Антенна является 12-канальной с коэффициентом усиления на 1–2-м каналах 3,5 дБ, на 3–5-м каналах 4,6 дБ и на 6–12-м каналах 8 дБ.

4.7. ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКИЕ АНТЕННЫ

Направленные свойства большинства антенн изменяются при изменении длины волны принимаемого сигнала. У узкополосных антенн резко падает коэффициент усиления, а у широкополосных его изменение носит монотонный характер. Один из типов антенн с неизменной формой диаграммы направленности в широком диапазоне частот – антенны с логарифмической периодичностью структуры ЛПА. Эти антенны отличаются широким диапазоном: отношение максимальной длины волны принимаемого сигнала к минимальной превосходит десять. Во всем диапазоне обеспечивается хорошее согласование антенны с фидером, а коэффициент усиления практически остается постоянным.

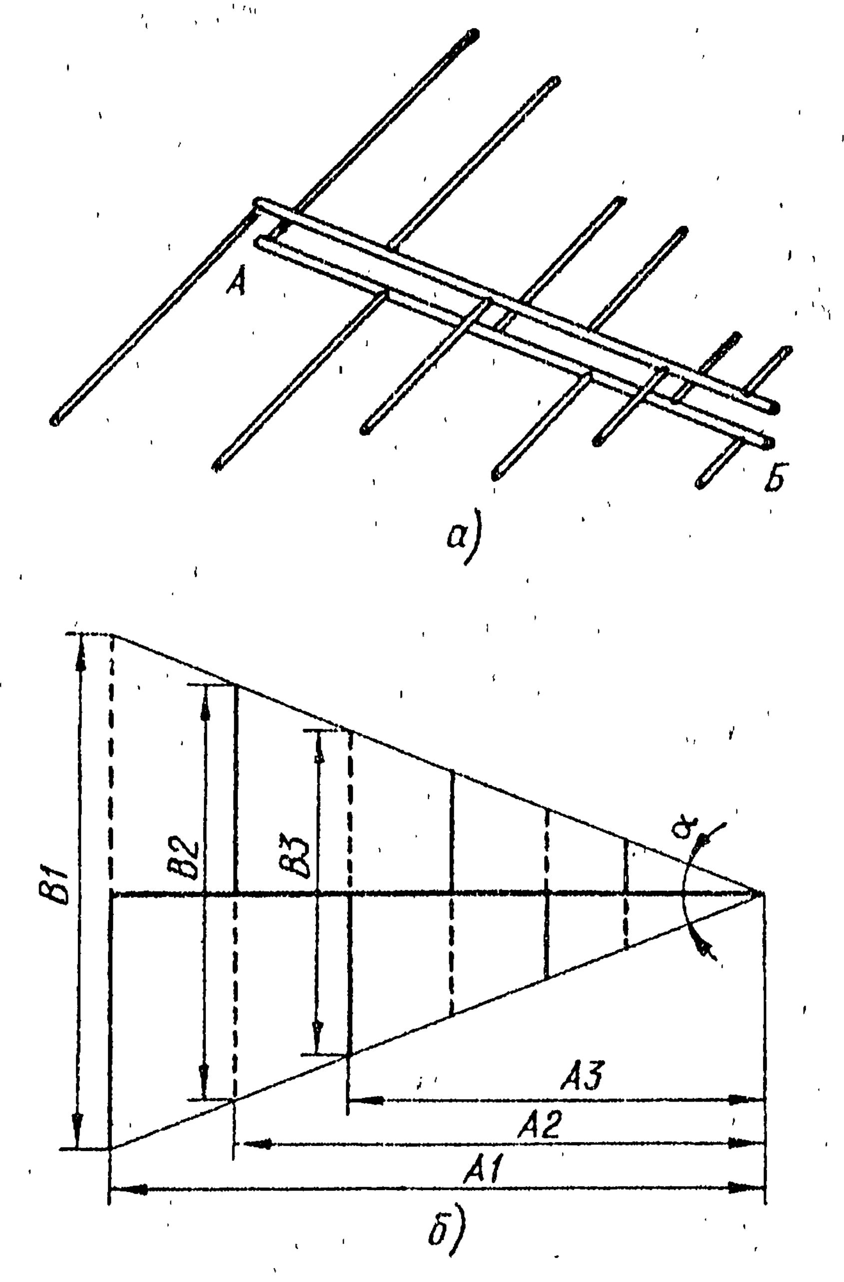


Рис. 4.11. Логопериодическая антенна

Внешний вид ЛПА показан на рис. 4.11,а. Она образована собирательной линией в виде двух труб, расположенных одна над другой, к которым крепятся плечи вибраторов поочередно через один. Схематически такая антенна показана на рис. 4.11,б. Сплошными линиями изображены плечи вибраторов, соединенные с верхней трубой собирательной линии, а штриховой линией – соединенные с нижней трубой. Рабочая полоса частот антенны со стороны наибольших длин волн зависит от размеров наиболее длинного вибратора В1, а со стороны наименьших длин волн – от размера, наиболее короткого вибратора. Вибраторы вписа-

ны в равнобедренный треугольник с углом при вершине α и основанием, равным наибольшему вибратору. Для логарифмической структуры полотна антенны должно быть выполнено определенное соотношение между длинами соседних вибраторов, а также между расстояниями от них до вершины структуры. Это соотношение носит название периода структуры τ:

$$B_2/B_1 = B_3/B_2 = ... = A_2/A_1 = A_3/A_2 = ... = \tau.$$

Таким образом, размеры вибраторов и расстояния до них от вершины треугольника уменьшаются в геометрической прогрессии. Характеристики антенны определяются периодом структуры и углом при вершине описанного треугольника. Чем меньше угол α и чем больше период структуры τ (который всегда остается меньше единицы), тем больше коэффициент усиления антенны и меньше уровень заднего и боковых лепестков диаграммы направленности. Однако при этом увеличивается число вибраторов структуры, растут габариты и масса антенны. Поэтому при выборе угла и периода структуры приходится принимать компромиссное решение. Наиболее часто угол α выбирают в пределах 30...60°, а период структуры τ – в пределах 0,7...0,9.

Подключение фидера к ЛПА, показанной на рис. 4.11,а, производится без специального симметрирующего и согласующего устройства следующим образом. Кабель с волновым сопротивлением 75 Ом вводится внутрь нижней трубы с конца А и выходит у конца Б. Здесь оплетка кабеля припаивается к концу нижней трубы, а центральная жила – концу верхней трубы. В зависимости от длины волны принимаемого сигнала в структуре антенны возбуждаются несколько вибраторов, размеры которых наиболее близки к половине длины волны сигнала. Поэтому ЛПА по принципу действия напоминает несколько антенн "Волновой канал", соединенных вместе, каждая из которых содержит вибратор, рефлектор и директор. На данной длине волны сигнала возбуждается только одна тройка вибраторов, а остальные настолько расстроены, что не оказывают влияния на работу антенны. Это приводит к тому, что коэффициент усиления ЛПА оказывается меньше, чем коэффициент усиления антенны "Волновой канал" с таким же числом элементов, но зато полоса пропускания получается значительно шире.

Как видно из приведенных конструкций антенн бегущей волны и логопериодических, для достижения широкополосности используется принцип взаимной расстройки элементов антенны подобно тому, как в широкополосных усилителях расширение полосы пропускания достигается взаимной расстройкой контуров. Как для усилителей, так и для антенн можно считать общим принципом постоянство для данной конструкции произведения коэффициента усиления на полосу пропускания. Чем шире полоса пропускания, тем меньше коэффициент усиления при данных габаритах антенны.

В радиолюбительской литературе проводилось много различных вариантов ЛПА. Здесь можно предложить конструкцию ЛПА, рассчитанной на работу в диапазоне 12-метровых каналов, размеры которой сведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Размеры 12-канальной ЛПА, мм

Номер вибратора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В	3000	2520	2117	1778	1494	1255	1054	855	744	625
А	579	487	409	343	289	242	204	170	144	

В таблице приводится длина В каждого вибратора в соответствии с рис. 4.11,б, а также расстояние от данного вибратора до следующего – А. Собирательная линия образована двумя трубами диаметром 30 мм при расстоянии между осевыми линиями труб 45 мм. Антенна содержит 10 вибраторов (20 половинок), которые выполнены из трубок диаметром 8...15 мм. Расчет антенны проведен, исходя из значений угла при вершине описанного треугольника $\alpha = 45°$ и периода структуры $\tau = 0,84$. Расчетный коэффициент усиления антенны составляет 6 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала на выходе этой антенны в 2 раза по сравнению с полуволновым вибратором. Коэффициент усиления практически не изменяется по диапазону. Длина труб собирательной линии составляет 2900 мм. Трубы немного выступают за точки установки самых коротких полувибраторов. Для обеспечения параллельности труб собирательной линии и их стяжки используют три пары брусков из оргстекла высотой 120 мм, шириной 50 мм и толщиной 25 мм, в которых делаются полуцилиндрические проточки глубиной 14 мм на расстоянии, соответствующем расстоянию между трубами. Каждая пара брусков стягивается винтами с гайками. Среднюю пару этих брусков устанавливают в центре тяжести антенны и крепят к мачте.

Антенна приведенной выше конструкции является плоской. Существуют также объемные конструкции логопериодических антенн, которые характеризуются тем, что трубы собирательной линии не параллельны, а разведены под некоторым углом. Вместо жестких вибраторов полотно антенны может быть выполнено из провода или антенного канатика. Описание конструкций двух таких антенн приводилось в журнале "Радио", 1960 г., № 8, а описание плоской упрощенной проволочной ЛПА – в журнале "Радио", 1963 г., № 5.

Но самая простая логопериодическая антенна может быть быстро выполнена из подручных материалов. Такая антенна показана на рис. 4.12 и рассчитана на прием телевизионных передач дециметрового диапазона с 24-го по 51-й канал. Несущая конструкция треугольной формы собирается из деревянных брусков квадратного сечения 15×15 мм. Бруски скрепляются между собой треугольными фанерными косынками, прибитыми к брускам с одной стороны треугольника гвоздиками. С другой стороны в бруски 1 и 2 вбиваются гвоздики на расстояниях от точки А, указанных на рисунке. Полотно антенны образуют два куска медного провода 6 диаметром 1–1,5 мм. Один кусок прямой формы прокладывается по бруску 4 до точки А, а второй, огибая гвоздики зигзагом, припаивается к прямому проводу в точке А и на пересечениях с ним. К вершине треугольника гвоздиками прибивается диск 5 из белой жести диаметром 40 мм с маленьким отверстием в центре. Антенна крепится к мачте из дерева или металла в центре тяжести, лежит в горизонтальной плоскости и вершиной треуголь-

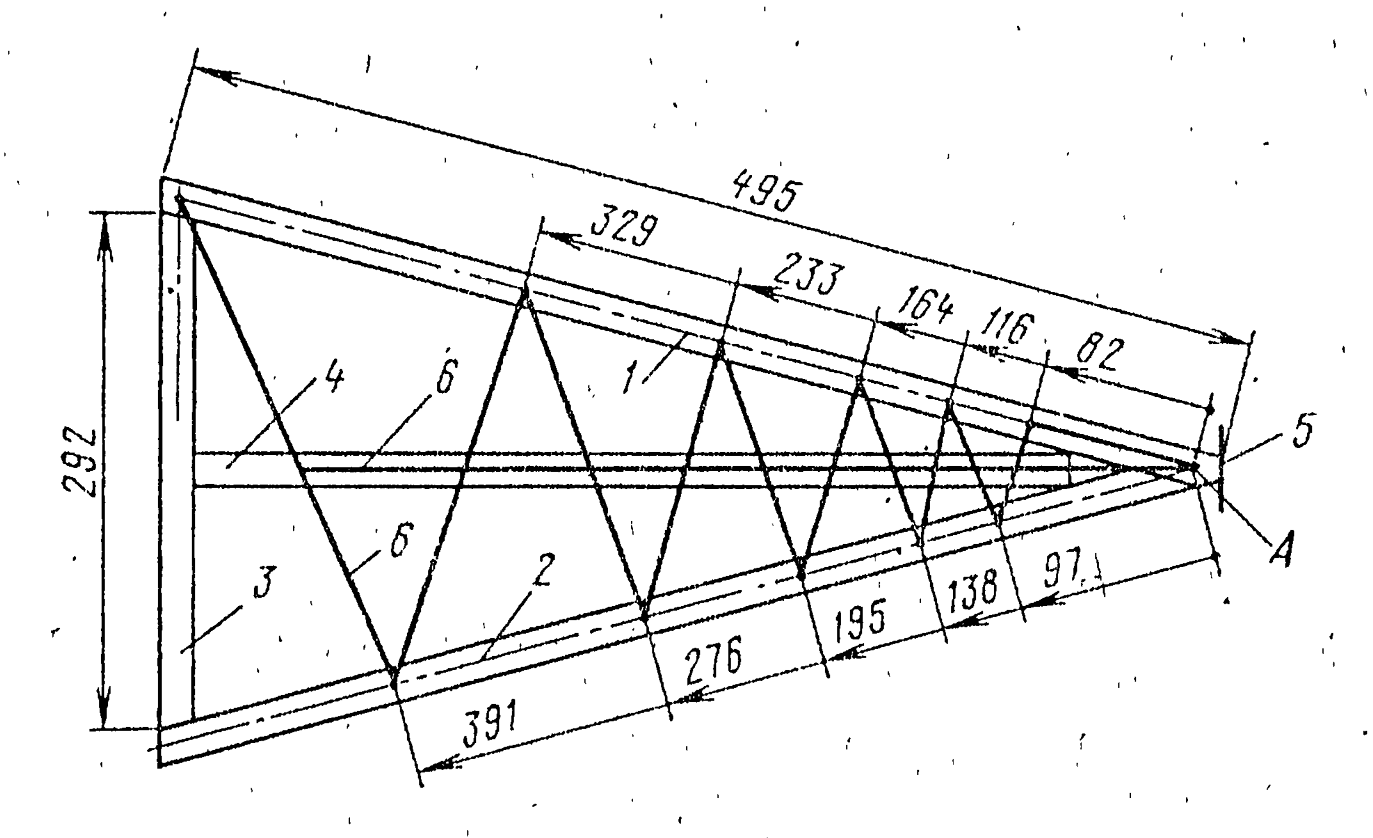


Рис. 4.12. Логопериодическая антенна ДМВ

ника направлена на передатчик. Полотно антенны располагается на верхней поверхности треугольника. Телевизионный кабель поднимается по мачте, подходит к середине бруска 3, подвязывается к бруску 4 по его нижней поверхности капроновой леской. В вершине треугольника оплетка кабеля припаивается к точке А, а центральная жила – к центру диска.

Антенну можно выполнить комнатной или наружной. В комнатном варианте вместо мачты применяется вертикальная стойка на тяжелой подставке. Антенну в комнате необходимо тщательно ориентировать и подобрать место установки, так как часто, сдвигая антенну, удается значительно улучшить изображение. На равнинной местности такая наружная антенна обеспечивает уверенный прием телепередач на расстоянии до 30 км от телецентра, хотя имеются сообщения телезрителей, принимающих этой антенной дециметровые программы Останкинского телецентра на расстоянии 80 км при хорошем качестве изображения.

4.8. АНТЕННЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

В нашей стране и в большинстве других стран мира для телевизионного вещания принята горизонтальная поляризация излучаемых радиоволн. Поляризация излучаемой волны определяется положением передающей антенны, так как направление электрических силовых линий электромагнитного поля (вектор Е) совпадает с направлением тока в передающей антенне. В свободном пространстве один вид поляризации не имеет каких-либо преимуществ перед другим, они равноценны. Реальные же условия распространения электромагнитных волн горизонтальной или вертикальной поляризации оказываются не одинаковыми. При горизонтальной поляризации радиоволны легче преодолевают препятствия и проникают за линию горизонта за счет дифракции. Это приводит к увеличению радиуса уверенного приема сигнала. В условиях городской застройки, изобилующей вертикальными отражающими объектами в виде стен зданий, металлических и железобетонных столбов, водосточных труб, пожарных лестниц,

деревьев, сигналы горизонтальной поляризации претерпевают меньше отражений, вызывающих повторы на экранах телевизоров. Системы зажигания двигателей внутреннего сгорания автомототранспорта создают помехи с преобладанием вертикально поляризованной составляющей. Да и конструкции антенн для приема сигнала с горизонтальной поляризацией оказываются проще.

Тем не менее в последние годы все чаще вводят в строй телевизионные ретрансляторы, излучающие сигнал с вертикальной поляризацией. Это связано с тем, что для многопрограммного телевизионного вещания выделенных диапазонов частот уже не хватает, так как во избежание взаимных помех передатчики, работающие на одинаковых частотных каналах, должны располагаться один от другого на значительном расстоянии, около 500 км. Тогда, находясь в зоне уверенного приема одного передатчика, окажется невозможен прием помехи, создаваемой другим. Если же второй передатчик будет излучать сигнал другого вида поляризации, это расстояние можно значительно сократить. Ведь антенна горизонтальной поляризации принимает сигнал с вертикальной поляризацией во много раз слабее.

В принципе, любая антенна, рассчитанная на горизонтальную поляризацию сигнала, может принимать вертикально поляризованный сигнал, если эту антенну повернуть на 90° вокруг воображаемой оси, представляющей собой направление на передатчик. Так, вибраторы антенн "Волновой канал" для горизонтальной поляризации сигнала должны располагаться горизонтально. Для приема же сигнала с вертикальной поляризацией достаточно повернуть антенну так, чтобы ее вибраторы заняли вертикальное положение.

Трудности при приеме сигнала с вертикальной поляризацией состоят в том, что вблизи антенны в этом случае не должно находиться вертикально расположенных проводящих предметов. Поэтому, например, мачта, которая может быть металлической для антенны горизонтальной поляризации, в случае установки антенны вертикальной поляризации должна быть выполнена из хорошего диэлектрика, по крайней мере, если не вся мачта, то ее верхняя часть размером не менее длины волны принимаемого канала. Другой способ – установка антенны вертикальной поляризации на Г-образной опоре, что обеспечивает удаление антенны от вертикальной мачты. Фидер, симметрирующее и согласующее устройство поблизости от антенны также не должны быть расположены вертикально.

4.9. АНТЕННЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Некоторые заводы нашей промышленности выпускают телевизионные антенны коллективного и индивидуального пользования. Телевизионные антенны коллективного пользования в розничную продажу не поступают, а продаются оптом предприятиям, которые занимаются установкой этих антенн на крышах зданий жилого и общественного фонда, а также монтажом антенных распределительных систем. Заявки на установку коллективных антенн подаются владельцам зданий. Коллективные антенны устанавливают только в зоне уверенного приема телевизионной передачи. В зависимости от напряженности поля в точке приема и от числа абонентов коллективной антенны ее комплектуют специальным усилительным устрой-

ством для того, чтобы обеспечить достаточно высокий уровень напряжения сигнала в магистрали, к которой подключены абонентские отводы. Это необходимо в связи с тем, что во избежание взаимных помех между телевизионными приемниками каждый абонентский отвод должен иметь слабую связь с магистралью коллективной антенны. Конструкции коллективных антенн могут быть рассчитаны на прием одной или нескольких программ в зависимости от того, сколько программ можно принимать в данной местности.

Телевизионные антенны индивидуального пользования поступают в розничную продажу в магазины радиотоваров или культтоваров. Там же можно приобрести коаксиальный кабель. В комплект наружной индивидуальной антенны обязательно входят руководство по эксплуатации и описание антенны с инструкцией по ее монтажу, включающее порядок сборки, установки и ориентирования антенны, рекомендации по срокам профилактических осмотров и ремонтов, а также указания по безопасности. В комплект может также входить опора (мачта) для установки антенны на крыше здания и коаксиальный кабель с номинальным значением волнового сопротивления 75 Ом длиной 15...25 м.

Наружные антенны коллективного и индивидуального пользования выпускают в соответствии с действующим стандартом ГОСТ 11289–80 "Антенны телевизионные приемные. Типы, основные параметры и общие технические требования". Условное обозначение всех антенн начинается с букв АТ – антенна телевизионная. В обозначении наружных антенн третья буква указывает назначение антенны: К – коллективная или И – индивидуальная. Четвертая буква указывает исполнение антенны: Г – для горизонтальной поляризации сигнала или В – для вертикальной поляризации. Если в обозначение входят буквы Г(В), это означает, что данная антенна пригодна для приема сигнала как с горизонтальной поляризацией, так и с вертикальной, если ее повернуть при установке на 90° относительно указанного в инструкции положения. Иногда в инструкции приводится рисунок, показывающий, как должна быть установлена такая антенна при той или другой поляризации. Далее через тире следует группа цифр: первая цифра указывает тип антенны, вторая – категорию сложности условий приема, третья – номер частотного канала, в полосе которого работает антенна, четвертая – порядковый номер разработки. Антенны подразделяют на 7 типов в зависимости от числа принимаемых радиоканалов или диапазонов частот: 1 – одноканальные антенны, работающие в полосе частот одного телевизионного канала, расположенного в I, II или III диапазоне частот; 2 – многоканальные антенны, работающие в полосах частот двух или нескольких каналов; 3 – широкополосные антенны, работающие в I и II диапазонах частот; 4 – широкополосные антенны, работающие в III диапазоне частот; 5 – широкополосные антенны, работающие в IV и IV диапазонах частот; 6 – широкополосные антенны, работающие в I–III диапазонах частот; 7 – широкополосные антенны, работающие во всех диапазонах. Условия приема делятся на три категории сложности: 1 – наиболее легкая, 2 – средней степени сложности и 3 – наиболее сложная. Конструкция и электрические параметры антенны соответствуют степени сложности приема. ГОСТ регламентирует значения коэффициента усиления и КЗД для каждого типа антенны и для каждой категории приема раздельно

для коллективных и индивидуальных антенн. Требования к индивидуальным антеннам ниже, значения коэффициента усиления для индивидуальных антенн категории приема 1 не нормированы. Согласно этим требованиям наибольшим усилением должны обладать индивидуальные антенны типа 1 для категории приема 3: в диапазонах I и II – не менее 6,5 дБ, в диапазоне III – не менее 9,5 дБ.

В связи с тем, что индивидуальные телевизионные антенны промышленного изготовления обладают сравнительно небольшим коэффициентом усиления, их можно использовать только в зоне прямой видимости, но не далее чем на расстоянии, составляющем примерно 70 % расстояния, соответствующего границе прямой видимости. Для уверенного приема телевизионных передач в дальней части зоны прямой видимости и в зоне полутени антенны промышленного изготовления непригодны из-за недостаточного коэффициента усиления. В этих условиях любители дальнего приема телевидения используют самодельные антенны с повышенным коэффициентом усиления.

Рассмотрим еще одну антенну промышленного изготовления, которая была разработана до введения ГОСТ 11289–80, поэтому ее обозначение отличается от установленного этим стандартом, – АТВК-7/6-12 (антенна телевизионная "Волновой канал" семиэлементная, рассчитанная на прием передач в диапазоне 6–12-го каналов). Внешний вид антенны и ее размеры показаны на рис. 4.13. Антенна содержит широкополосный петлевой

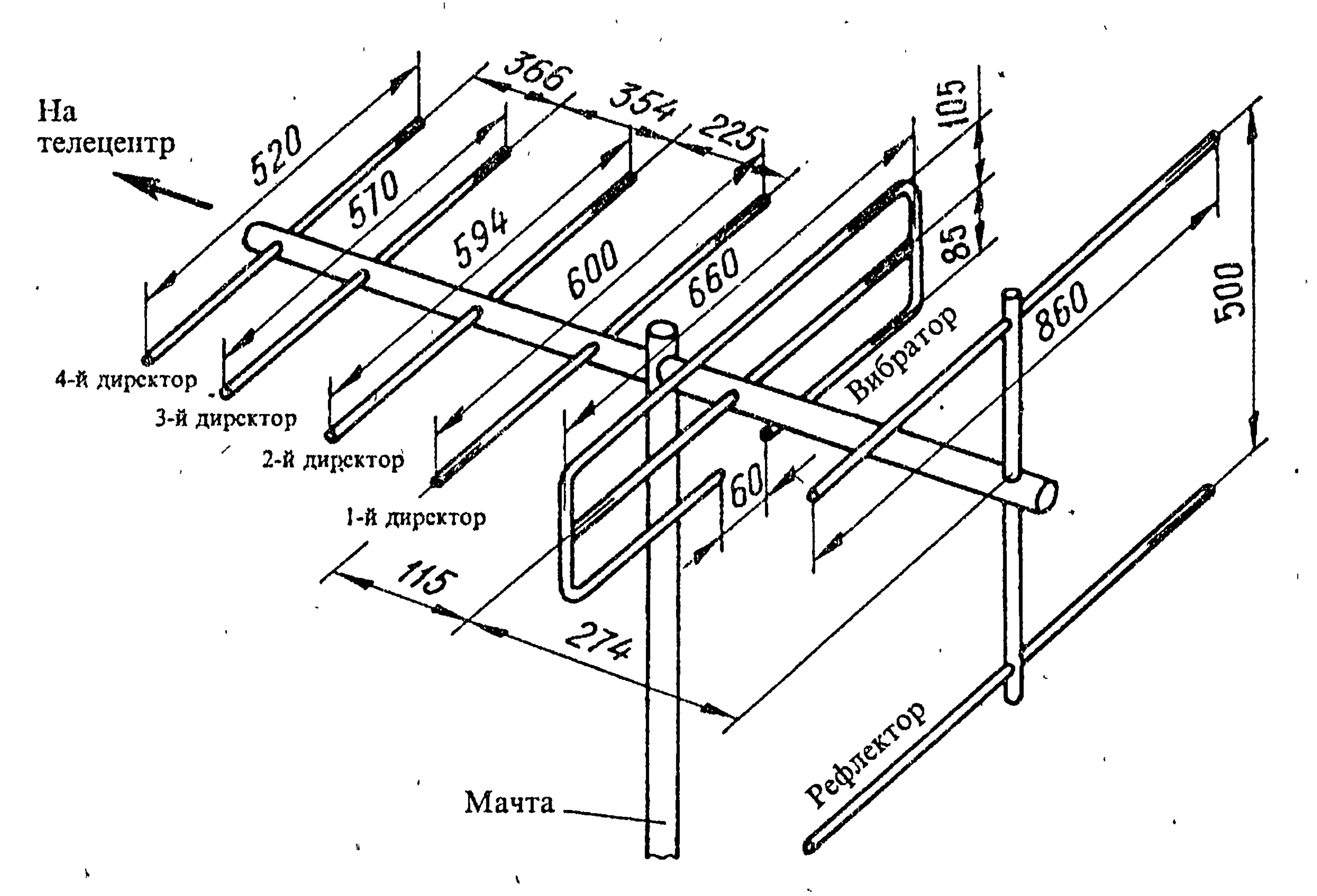


Рис. 4.13. Антенна типа АТВК-7/6-12

вибратор из трех параллельных трубок, рефлектор и четыре директора. Конструкция вибратора расширяет полосу пропускания антенны, а также увеличивает ее входное сопротивление, что благотворно сказывается на согласовании антенны с фидером. Сдвоенный рефлектор значительно увеличивает КЗД антенны. Фидер подключается к концам вибратора с

помощью симметрирующей петли длиной 480 мм. Коэффициент усиления этой антенны во всем диапазоне частот оказывается не менее 8 дБ, неравномерность коэффициента усиления по диапазону не превышает 1,6 дБ. Коэффициент защитного действия антенны не менее 30 дБ. Согласование антенны с фидером характеризуется коэффициентом бегущей волны в фидере, который находится в пределах 0,7...0,8, что соответствует передаче мощности сигнала, принятого антенной, в фидер не менее 97 %. Антенну АТВК-7/6-12 широко используют в качестве коллективной в тех случаях, когда имеется возможность приема нескольких телевизионных программ, которые передаются в диапазоне III, т. е. на каналах с шестого по двенадцатый. Антенну можно также использовать и в качестве индивидуальной в аналогичных условиях приема.

Наконец, необходимо рассмотреть широкополосную 12-канальную антенну ТАИ-12, показанную на рис. 4.14, которая представляет собой веерный вибратор с симметрирующим короткозамкнутым мостиком. Плечи вибратора образованы парами металлических трубок, расположенных одна относительно другой под углом 40°. Если бы оба плеча вибратора лежали в одной плоскости, антенна принимала бы сигналы с двух противоположных направлений, перпендикулярных плоскости антенны. Кроме того, из-за того, что полная длина вибратора на 6–12 каналах превышает длину волны этих каналов, происходило бы раздвоение главного лепестка диаграммы направленности с образованием боковых лепестков. Это привело бы к ослаблению сигнала, поступающего с главного направления, и к увеличению помех с других направлений. Для устранения этих явлений плечи веерного вибратора поворачиваются в направлении на передатчик так, чтобы при виде сверху они образовали угол в 120°. Фидер из 75-омного кабеля заводится внутрь одной из трубок мостика и подключается к точкам питания вибратора через трансформатор, выполненный из отрезка коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 92 Ома длиной 700 мм для улучшения согласования. В нижней части трубки мостика замыкаются между собой металлической перемычкой, передвигая которую, добиваются лучшего приема.

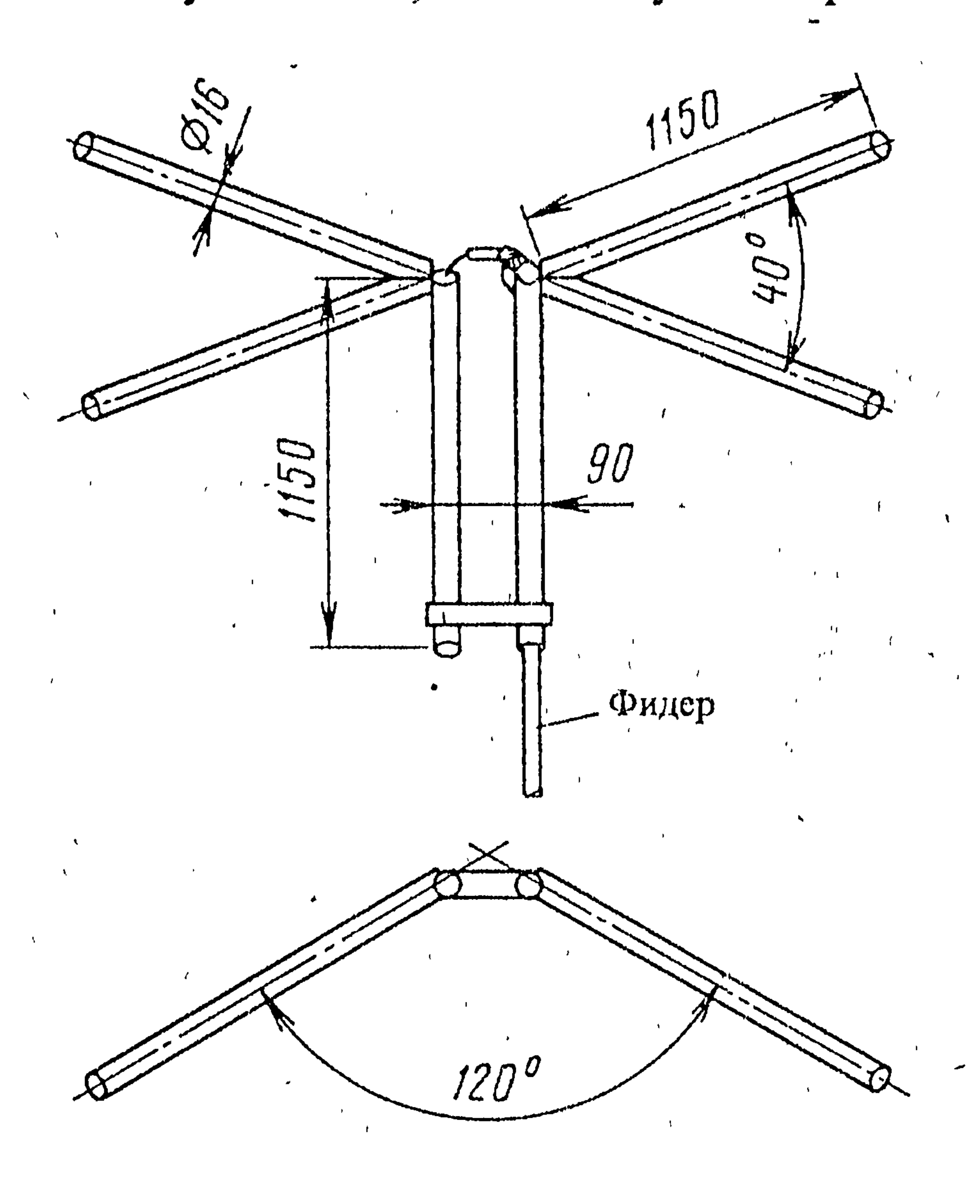


Рис. 4.14. Антенна ТАИ-12

На каналах с первого по пятый веерный вибратор аналогичен простейшему полуволновому вибратору, а на каналах с шестого по двенадцатый его коэффициент усиления составляет около 1,5 дБ.

Простота конструкции антенны ТАИ-12 допускает ее изготовление самостоятельно. Трубки веерного вибратора и мостика с наружным диаметром в пределах от 15 до 20 мм могут быть из любого металла, но предпочтительнее использовать медь или латунь, которые легче подвергаются пайке. Антенна устанавливается на деревянной или металлической мачте и крепится к ней за правую трубку мостика хомутиками. При этом мачта не должна находиться между трубками мостика. Самодельную антенну можно выполнить без трансформатора: 75-омный кабель фидера пропускается внутри правой трубки мостика доверху, где оплетка кабеля припаивается к правой трубке мостика, а центральная жила – к левой.

4.10. УСТАНОВКА НАРУЖНЫХ АНТЕНН

При установке наружных антенн необходимо неукоснительно соблюдать меры техники безопасности. Люди, устанавливающие антенны, должны быть обучены приемам освобождения человека, попавшего под напряжение, уметь практически применять приемы искусственного дыхания, оказывать первую помощь при несчастных случаях. При наличии ограждений на крутых (более 30°) крышах необходимо проверять прочность этих ограждений. Выход на такие крыши разрешается в галошах или резиновых сапогах с надетыми предохранительными поясами с прочной веревкой, закрепленной одним концом к поясу, а другим – к прочным стропилам. При этом обязательно наличие на чердаке второго человека, который должен страховать находящегося на крыше поддержанием веревки в натянутом состоянии и при и необходимости оказать ему немедленную помощь. Выход на крыши, не имеющие ограждений, без предохранительных поясов и страховочных веревок запрещается. Выход на некрутые крыши, имеющие ограждения, допускается без предохранительных поясов в резиновой обуви. Такая обувь необходима по двум причинам: если крыша металлическая, резиновая обувь предохранит от поражения электрическим током при случайном прикосновении к токонесущим проводам, а также от скольжения по любой наклонной кровле. Работа на крышах во время грозы, при сильном ветре или морозе запрещена.

При работах на чердаках запрещается пользоваться открытым огнем (спичками, свечами) и курить. При необходимости освещения следует использовать переносные электролампы или электрические фонари.

При использовании лестниц и стремянок каждый раз перед работой необходимо проверять их прочность и исправность. Все металлические и деревянные лестницы должны иметь на концах брусьев резиновые башмаки. Длина лестницы должна быть такой, чтобы работающий мог стоять не выше третьей ступеньки, считая сверху. При работе на лестнице или стремянке необходимо следить, чтобы под ними не было людей. Вести работу, стоя вдвоем на одной лестнице, запрещено.

Питание электроинструмента и переносных ламп пониженного напряжения должно осуществляться через понижающий трансформатор с заземленными корпусом и вторичной обмоткой. Использование автотрансформаторов не допускается. Корпус электроинструмента, работающего при напряжении выше 36 В, должен быть заземлен. Заземление допускается выполнять подключением к зачищенным поверхностям труб водопроводной сети и к

металлическим конструкциям лифтов. Подключение заземления к трубам газовой сети категорически запрещается.

При выборе места установки антенны на крыше необходимо избегать близости дымовых и вентиляционных труб, так как выходящие газы оказывают разрушающее действие на металл антенны. Мачта антенны должна быть расположена на скате крыши, обращенном к двору, а не к улице. Место установки антенны должно быть выбрано так, чтобы при случайном падении антенны мачта не коснулась проводов электросети, радиотрансляции или телефона.

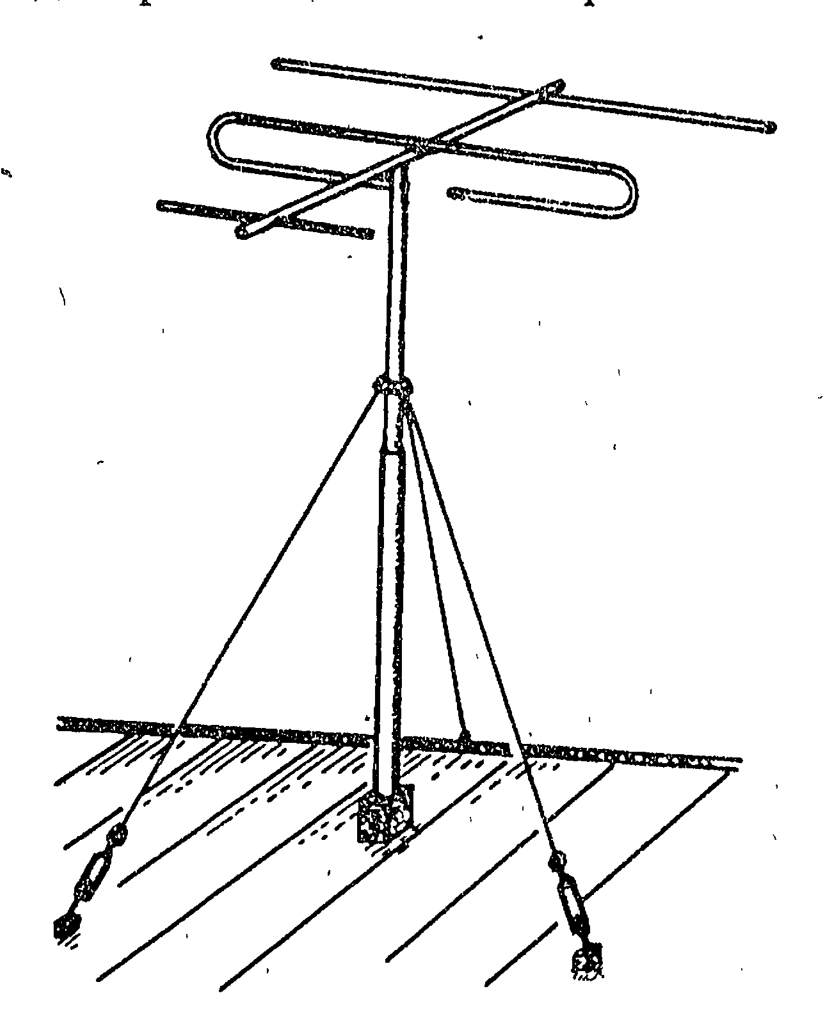


Рис. 4.15. Установка антенны на крыше

Антенну на крыше рекомендуется устанавливать так, как показано на рис. 4.15 с использованием подпятника и шарнирного соединения с ним мачты. Подпятник и опоры оттяжек крепят через кровлю к стропилам. Оттяжки винтовыми стяжными устройствами крепят к кольцу, установленному на уступе мачты. Это позволяет поворачивать антенну при ее ориентировании. Для этого мачту выполняют составной, чтобы верхнюю часть можно было бы вращать внутри нижней, а после ориентирования закреплять в установленном положении.

Шарнирное соединение антенной мачты с подпятником позволяет легко поднять мачту на крыше, как это показано на рис. 4.16. После

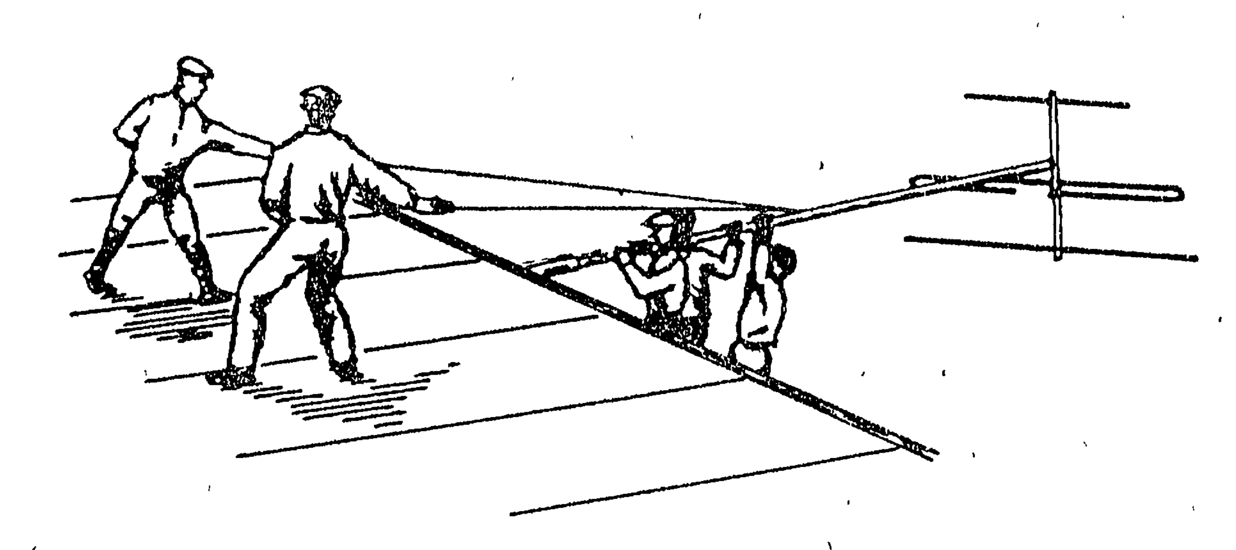


Рис. 4.16. Подъем мачты с антенной

установки мачты в вертикальное положение ее предварительно крепят оттяжками, а затем их натягивают стяжными устройствами при контроле вертикального положения мачты.

В сельской местности мачту антенны можно устанавливать непосредственно на земле вблизи от дома. При этом мачта обычно имеет значительную высоту и массу, что сильно затрудняет ее подъем. В этом случае также удобно использовать подобие шарнира. Мачту укладывают на землю так, чтобы ее нижний конец находился в точке установки. Если мачта

металлическая, к этому концу приваривается кусок трубы перпендикулярно мачте. При деревянной мачте к ней скобками крепят круглое полено и четыре оттяжки, две из них в натянутом состоянии крепят к металлическим штырям, забитым в землю с противоположных сторон от точки установки мачты. Эти штыри должны располагаться на одной прямой линии с точкой установки мачты в направлении, совпадающем с направлением приваренной к мачте трубы или прибитного полена. Эти две оттяжки будут препятствовать мачте валиться вбок при ее подъеме. После этого за одну из свободных оттяжек с помощью стрелы мачту поднимают, вращая вокруг опоры. Придерживая мачту за вторую свободную оттяжку, ее предохраняют от падения в противоположную сторону. Чтобы опора не смещалась при подъеме мачты в направлении приложения силы, ее фиксируют двумя колышками, забитыми в землю. При подъеме тяжелой мачты для тяги можно использовать трактор.

При установке антенны на высокой мачте в сельской местности необходима ее грозозащита, иначе имеется опасность поражения молнией антенны и телевизионного приемника, а иногда и людей. Если элементы антенны гальванически соединены между собой и с металлической мачтой, для грозозащиты достаточно надежно заземлить мачту у ее основания. Для этого рядом с мачтой выкапывается узкая траншея глубиной 0,5...0,8 м и длиной 2...3 м. В траншее забиваются в землю штыри длиной не менее 1,5 м, изготовленные из стальной трубы. Мачта соединяется со штырями стальной полосой толщиной не менее 2 мм с помощью сварки. После этого в траншею засыпается несколько килограммов поваренной соли, наливается ведро воды, а затем траншея закапывается.

При деревянной мачте для соединения антенны с заземлением можно использовать оплетку коаксиального кабеля, который служит фидером. При этом необходимо проверить, соединена ли оплетка кабеля с элементами антенны, так как в некоторых конструкциях такое соединение отсутствует. Так, при использовании полуволновой симметрирующей петли или U-колена оплетку фидера можно соединить с точкой нулевого потенциала петлевого вибратора. Надежней все же вместо использования оплетки кабеля проложить вдоль мачты отдельную медную шину, заземлив ее с одной стороны и соединив со стрелой антенны. Если используется диэлектрическая стрела антенны, элементы антенны нужно специально соединить между собой в точках нулевого потенциала.

Лучшая грозозащита осуществляется установкой на вершине мачты металлического вертикально расположенного заостренного штыря такой длины, чтобы его острие располагалось хотя бы на 1,5 м выше антенны.

5. НАРУЖНЫЕ АНТЕННЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕГО ПРИЕМА

5.1. ОСОБЕННОСТИ ДАЛЬНЕГО ПРИЕМА

Основная особенность дальнего приема телевизионных передач состоит в низком уровне напряженности поля принимаемого сигнала из-за большого расстояния между передающей и приемной антеннами в дальней части зоны прямой видимости и из-за затенения поверхностью земли за границей зоны прямой видимости – в зоне полутени. По мере удаления от передатчика напряженность поля монотонно уменьшается, но в зоне полутени это уменьшение становится более резким. В зоне прямой видимости увеличение расстояния от передатчика сопровождается уменьшением плотности потока мощности сигнала (уменьшается густота силовых линий поля) просто хотя бы потому, что увеличивается длина окружности с увеличением ее радиуса. За границей зоны прямой видимости напряженность поля определяется почти исключительно дифракцией и нормальной рефракцией радиоволн.

Другая особенность дальнего приема заключается в наличии помех от других телевизионных передатчиков, работающих на том же или на соседнем частотном канале. Для ослабления таких помех действующими нормами установлены минимальные расстояния между передатчиками: около 500 км между передатчиками, работающими на одинаковых каналах, и около 300 км между передатчиками, работающими на соседних по частоте каналах. Тем не менее в условиях дальнего приема такие помехи имеют место и приходится использовать специальные меры для их ослабления.

В условиях дальнего приема сильное влияние на уровень напряженности поля оказывает погода. В случае тумана, дождя или снега резко увеличивается поглощение энергии сигнала в пространстве, особенно в диапазоне дециметровых волн, и прием иногда вообще становится невозможен.

Важное значение имеет поверхность на трассе, над которой распространяется сигнал. Сплошные и протяженные леса ухудшают условия распространения, над равниной, болотами и особенно над морем сигнал распространяется лучше. Очень плохими оказываются условия приема телевизионных передач в горных условиях, где границы зоны прямой видимости не зависят от расстояния до передатчика, а целиком определяются местным рельефом. Естественно, что и на равнинной местности встречаются холмы и долины. При этом даже на сравнительно близком расстоянии от передатчика, когда пункт приема расположен в долине, напряженность поля может оказаться достаточно низкой. Поэтому нельзя ориентироваться исключительно на расстояние до телецентра или ретранслятора, а следует учитывать рельеф местности.

Одна из особенностей дальнего приема – наличие замираний сигнала, т. е. регулярных изменений напряженности поля. В зоне полутени, где уровень напряженности поля сильно зависит от нормальной рефракции,

наблюдаются суточные и сезонные изменения напряженности поля. При ясной погоде в дневное время рефракция радиоволн возрастает, и напряженность поля увеличивается. Как правило, напряженность поля увеличивается также летом. Такие медленные замирания особенно заметны на высокочастотных каналах: в диапазоне 6–12-го каналов и в дециметровом диапазоне. Помимо медленных наблюдаются также и быстрые замирания, период которых не превышает часа. Такие замирания связаны с наличием местных возмущений атмосферы на трассе при порывах ветра, наличием отдельных облаков или, наоборот, просветов в сплошной облачности. Быстрые замирания в условиях дальнего приема бывают достаточно глубокими, порой напряженность поля может изменяться в десятки раз.

Низкий уровень напряженности поля сигнала в условиях дальнего приема телевизионных передач диктует необходимость установки высокоэффективной антенны с большим коэффициентом усиления, так как напряжение принимаемого сигнала на выходе антенны определяется произведением напряженности поля на коэффициент усиления антенны. В связи с тем, что радиус зоны прямой видимости определяется высотой расположения приемной антенны, в дальней части зоны прямой видимости и в зоне полутени напряженность поля в точке приема зависит от высоты расположения антенны, причем зависимость эта оказывается примерно пропорциональной: при увеличении высоты антенной мачты вдвое напряженность поля также увеличивается в 2 раза. Поэтому всегда целесообразно использовать антенную мачту максимально возможной высоты. Установка приемной антенны с большим коэффициентом усиления на высокой мачте обеспечит увеличение напряжения сигнала на выходе антенны как при устойчивом уровне напряженности поля, так и в условиях замираний.

Для борьбы с замираниями сигнала все радиоприемники, радиовещательные и телевизионные, снабжаются системой автоматической регулировки усиления АРУ, которая уменьшает усиление приемного тракта при увеличении сигнала на входе и увеличивает усиление при его уменьшении. Однако система АРУ способна противостоять замираниям только в тех случаях, когда минимальный сигнал оказывается все-таки больше порога чувствительности приемника. Такой уровень напряжения сигнала на входе телевизионного приемника и должна обеспечить используемая антенна.

5.2. МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ АНТЕННЫ "ВОЛНОВОЙ КАНАЛ"

Ранее уже были рассмотрены достоинства и недостатки многоэлементных антенн типа "Волновой канал" и в любительских условиях не рекомендовалось заниматься изготовлением таких антенн. В условиях дальнего приема допустимо использование многоэлементных антенн "Волновой канал" промышленного производства. Тогда есть вероятность того, что антенна настроена заводом-изготовителем.

В радиолюбительской литературе часто публикуются описания конструкций самодельных многоэлементных антенн "Волновой канал", приводятся их коэффициенты усиления и рекомендуются такие антенны для использования в условиях дальнего приема. Не подвергая сомнениям результаты, полученные авторами этих конструкций, хотелось бы заме-

тить, что оценка пригодности той или иной конкретной конструкции антенны может быть сделана только при многократном повторении этой конструкции, а не по единичному результату. Отклики же радиолюбителей, которые пытались изготовить и установить подобные антенны, в большинстве случаев оказываются отрицательными, что свидетельствует о плохой повторяемости этих конструкций антенн. Кроме того, необходимо учесть, что отнюдь не все эксперименты по созданию многоэлементных антенн заканчиваются соответствующими публикациями. Естественно, что в тех случаях, когда получались плохие результаты, они не находили отражения в литературе. В то же время по многочисленным откликам повторяемость рамочных антенн оказывается очень высокой, да и коэффициент усиления этих антенн значительно больше. Это и вынуждает рекомендовать в условиях дальнего приема применение рамочных антенн вместо антенн "Волновой канал".

5.3. МИФЫ О "ЧУДЕСНЫХ" АНТЕННАХ

Телевизионные антенны, предназначенные для дальнего приема передач, как правило, отличаются большими габаритами и сравнительно сложной конструкцией. Особенно большие габариты имеют антенны, рассчитанные на прием сигнала по первому и второму частотным каналам, которые являются самыми длинноволновыми в диапазоне, отведенном для телевидения. Поэтому каждый любитель дальнего приема телевизионных программ стремится найти такую конструкцию антенны, которая обладала бы большим коэффициентом усиления и в то же время имела минимальные габариты и простейшую конструкцию. Подобные требования противоречивы и не могут быть выполнены, так как в природе за все приходится "платить": в данном случае за увеличение коэффициента усиления приходится платить увеличением габаритов антенны. Кроме того, возникает естественное возражение: если бы можно было создать такую антенну, кто бы стал строить крупногабаритные антенны?

Тем не менее некорректный спрос рождает соответствующие предложения. Поэтому время от времени в периодической литературе появляются статьи с описаниями чудодейственных антенн, позволяющих получить уверенный прием телевизионных передач на очень больших расстояниях от телецентра при малых размерах и простой конструкции антенн. Некоторые конструкции таких антенн содержат жидкую ртуть или металлические опилки. Подобные сообщения вызваны заблуждением или недобросовестностью авторов статей и технической неграмотностью редакторов. Благодаря поверхностному эффекту высокочастотные токи сигнала, принятого антенной, протекают исключительно по тончайшему поверхностному слою металла антенны, толщина которого не превышает сотых долей миллиметра. Свойства глубинных слоев материала совершенно не влияют на работу антенны. Антенны, элементы которых выполнены из сплошного прутка, из трубок или даже из тонкой фольги, наклеенной на деревянные бруски, работают совершенно одинаково при одинаковых наружных размерах. При проверках указанных сообщений оказывается, что конструктор такой антенны принимал сигнал близкорасположенного ретранслятора, который транслировал передачу далеко расположенного телецентра, или имел место

случайный сверхдальний прием благодаря благоприятно сложившимся условиям распространения сигнала. Когда же такая антенна проверялась на прием известного телевизионного передатчика, никаких чудес, естественно, не обнаруживалось.

Предпринимались также попытки добиться резкого уменьшения размеров антенны по сравнению с длиной волны принимаемого канала. В одной из статей предлагалось поместить приемную антенну в коробку из оргстекла, наполненную дистиллированной водой. Исходя из того, что вода обладает диэлектрической проницаемостью, равной 80, длина волны в воде должна быть в 9 раз короче, чем в воздухе. Поэтому размеры такой антенны должны быть также в 9 раз меньше, чем в воздухе. Однако при этом упускалось из виду, что для действительного проявления такого эффекта антенна должна находиться в свободной и равномерной среде, а для этого размеры сосуда с водой должны быть хотя бы в несколько раз больше длины волны. Тогда действительно в сосуд можно поместить малогабаритную антенну.

В периодической печати иногда приводятся самые разные конструкции антенн нетрадиционного устройства с использованием различных цилиндрических или конических пружин, а также и других экзотических элементов. Телевизионный прием на такие антенны, конечно, возможен, как возможен он на любой кусок обычного провода. Но ожидать каких-то улучшенных характеристик подобных антенн или какого-то эффекта от их применения не следует. Всегда затраты времени и средств на изготовление и установку таких антенн оказываются напрасными.

Часто некоторые радиолюбители или любители дальнего приема телевизионных программ спрашивают, можно ли установить телевизионные антенны нетрадиционной конструкции, не противоречит ли их установка действующим законам и положениям. В нашей стране, как впрочем и во всем мире, никаких запретов на конструкции приемных антенн нет. Можно устанавливать антенны любой конструкции, если вообще разрешается установка индивидуальных антенн на крыше. Дело в том, что на крышах зданий, оборудованных коллективными телевизионными антеннами, установка индивидуальных антенн запрещена, исходя из архитектурно-эстетических соображений. В отдельных же случаях по ходатайствам местного радиоклуба зарегистрированным радиолюбителям районный архитектор может разрешить установку индивидуальной антенны, необходимой для работы.

Отдельно следует предостеречь радиолюбителей от постройки телевизионных антенн с использованием ртути. Дело в том, что работа с открытой ртутью чрезвычайно опасна. Ртуть легко испаряется на воздухе при комнатной температуре даже через значительный слой воды. Пары ртути очень ядовиты, и их вдыхание даже при малых концентрациях приводит к опасным отравлениям. Хранение ртути допускается только в герметических металлических сосудах. Использовать сосуды из стекла категорически запрещается, так как они легко бьются. Пролитую ртуть нужно тщательно собрать, не касаясь ее руками, так как она всасывается в кожу. Особенно необходимо беречь детей от контактов с ртутью, так как они могут трогать ее руками и даже брать в рот.

5.4. СИНФАЗНЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ

Синфазная антенная решетка представляет собой сложную направленную антенную систему, состоящую из отдельных слабонаправленных антенн, разнесенных в пространстве и расположенных таким образом, что фазы наведенных в них сигналов оказываются одинаковыми. Антенны в решетке соединяют между собой, они должны работать на общую согласованную нагрузку. Как правило, синфазную решетку собирают из одинаковых антенн, расположенных в несколько рядов и несколько этажей. Схема соединения антенн решетки должна быть составлена так, чтобы не нарушалась синфазность сигналов, поступающих от каждой антенны в нагрузку, так как только при одинаковых фазах этих сигналов они будут складываться. Кроме того, схема соединения антенн решетки одновременно должна обеспечивать их согласование с нагрузкой, так как при рассогласовании общего входного сопротивления решетки с сопротивлением нагрузки часть энергии принятого антеннами сигнала отразится от нагрузки и будет излучаться обратно в пространство, что приведет к уменьшению коэффициента усиления антенной решетки.

Использование вместо одной антенны нескольких таких же антенн, соединенных в синфазную решетку, приводит к увеличению сигнала на выходе такой антенной системы, сужению диаграммы направленности и в результате к увеличению коэффициента усиления по сравнению с коэффициентом усиления одиночной антенны, входящей в состав решетки. Увеличение коэффициента усиления синфазной антенной решетки происходит за счет двух факторов.

Во-первых, в каждой антенне решетки электромагнитным полем принимаемого передатчика наводится сигнал определенной мощности, той самой, которая наводилась бы в одиночной антенне данного типа, а затем мощности сигналов, принятых всеми антеннами, складываются в нагрузке. Поэтому результирующая мощность сигнала на выходе синфазной решетки во столько же раз больше мощности сигнала на выходе одиночной антенны того же типа, сколько антенн содержится в решетке. В связи с тем, что сопротивление нагрузки остается неизменным, независимо от того, используется одна антенна или несколько, напряжение результирующего сигнала на выходе синфазной решетки увеличивается по сравнению с напряжением сигнала на выходе одиночной антенны того же типа не во столько раз, сколько антенн содержится в решетке, а в число, равное корню квадратному из числа антенн. Так, при наличии в решетке четырех антенн мощность сигнала на выходе решетки увеличивается в 4 раза, а напряжение – в 2 раза (на 6 дБ), при девяти антеннах мощность увеличивается в 9 раз, а напряжение сигнала – в 3 раза (на 9,5 дБ) и т. д. Соответственно увеличивается коэффициент усиления синфазной решетки по сравнению с коэффициентом усиления одиночной антенны.

Во-вторых, поперечные размеры антенной решетки относительно направления, с которого приходит сигнал, больше поперечных размеров одиночной антенны. Иначе говоря, при использовании синфазной решетки увеличивается поверхность абсорбции антенны, та поверхность, из которой антенна поглощает мощность электромагнитного поля. Это приводит к сужению диаграммы направленности антенной системы, что эквивалентно

дополнительному увеличению коэффициента усиления антенны, т. е. дополнительному увеличению напряжения сигнала на выходе решетки. Сужение диаграммы направленности решетки обусловлено тем, что только те сигналы, которые принимает каждая антенна с главного направления, перпендикулярного плоскости решетки, оказываются синфазными. Сигналы же, приходящие под углом к главному направлению, поступают к антеннам решетки, разнесенным в пространстве, не одновременно, а со сдвигом во времени или по фазе. Таким образом, сигналы, приходящие под углом, за счет разности хода наводят в антеннах решетки напряжения, сдвинутые по фазе, которые складываются геометрически, как векторы. Их геометрическая сумма оказывается меньше арифметической суммы напряжений, наведенных в антеннах решетки сигналами, приходящими с главного направления. Чем больше поперечные размеры решетки, тем больше разность хода сигналов, приходящих под тем же самым углом к главному направлению, и тем больше сдвиг фаз, т. е. меньше результирующий сигнал. Следовательно, с увеличением поверхности абсорбции сужается диаграмма направленности и увеличивается коэффициент усиления синфазной решетки. Увеличение вертикального размера решетки сужает диаграмму направленности в вертикальной плоскости, увеличение горизонтального размера решетки сужает диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. Теоретически увеличение поверхности абсорбции вдвое должно приводить к увеличению коэффициента усиления решетки на 3 дБ.

Таким образом, можно определить коэффициент усиления синфазной антенной решетки. В первую очередь он зависит от коэффициента усиления антенн, входящих в состав решетки, и должен быть увеличен за счет увеличения числа антенн решетки, а также за счет увеличения поверхности абсорбции решетки по сравнению с поверхностью абсорбции одиночной антенны.

Часто допускается ошибка, когда число антенн, входящих в состав решетки, не учитывают, а исходят только из коэффициента усиления одиночной антенны и увеличения поверхности абсорбции. Истоки этой ошибки лежат в аналогии между приемными и передающими антеннами, исходя из принципа взаимности. При рассмотрении передающей антенны предполагается, что мощность передатчика постоянная и не зависит от числа антенн в решетке. При увеличении числа антенн мощность, приходящаяся на каждую антенну, уменьшается. Соответственно уменьшается и та доля энергии электромагнитного поля, которая обусловлена излучением каждой из антенн решетки. Поэтому напряженность поля в точке приема не зависит от числа антенн в решетке передающей антенны. Если бы к каждой антенне передающей решетки был подключен свой передатчик, увеличение числа антенн в решетке приводило бы к увеличению излученной энергии. При этом напряженность поля в точке приема увеличивалась бы от увеличения не только эффективной поверхности решетки (эквивалентной поверхности абсорбции приемной антенны), но и числа антенн в решетке. Именно в этих условиях применима аналогия между передающей и приемной антеннами, так как напряженность поля в точке приема считается неисчерпаемой и не уменьшается при увеличении числа антенн в решетке приемной антенной системы.

Исходя из приведенных соображений, можно сделать вывод: при

увеличении числа антенн синфазной решетки в 2 раза и таком же увеличении поверхности абсорбции коэффициент усиления решетки должен увеличиться на 6 дБ. На практике, однако, такого увеличения коэффициента усиления по сравнению с одиночной антенной не получается в связи с тем, что происходит частичное перекрытие поверхностей абсорбции отдельных антенн и неизбежно некоторое рассогласование в цепях фазирования антенн и в цепях согласования сопротивлений антенн и нагрузки. Поэтому в зависимости от расстояния между антеннами можно считать, что при увеличении числа антенн в решетке в 2 раза коэффициент усиления увеличивается в пределах 4...5 дБ.

Форма диаграммы направленности синфазной антенной решетки определяется диаграммой направленности антенн, составляющих решетку, и конфигурацией самой решетки (число рядов, число этажей и расстояния между ними). При двух ненаправленных антеннах, размещенных рядом на расстоянии, равном половине длины волны (между осями антенн), диаграмма направленности в горизонтальной плоскости имеет вид восьмерки, а прием с боковых направлений, перпендикулярных главному, отсутствует. Если увеличивать расстояние между антеннами, ширина главного лепестка диаграммы направленности уменьшается, но появляются боковые лепестки с максимумами в направлениях, перпендикулярных главному. При расстоянии между антеннами 0,6 длины волны уровень боковых лепестков составляет 0,31 уровня главного лепестка, а ширина диаграммы направленности по половинной мощности уменьшается в 1,2 раза относительно решетки с расстоянием между антеннами, равным $\lambda/2$. При расстоянии между антеннами 0,75 длины волны уровень боковых лепестков увеличивается до 0,71 уровня главного, а ширина диаграммы направленности уменьшается в 1,5 раза. Наконец, при расстоянии между антеннами, равном длине волны, уровень боковых лепестков достигает уровня главного лепестка, но ширина диаграммы направленности уменьшается в 2 раза по сравнению с расстоянием между антеннами в полволны. Из этого примера видно, что целесообразнее выбирать расстояния между антеннами, равными длине волны. Это обеспечивает наибольшее сужение главного лепестка диаграммы направленности. Наличия боковых лепестков опасаться нет нужды, так как при использовании в составе решетки направленных антенн они с направлений, перпендикулярных главному, сигналов не принимают.

Располагать антенны в решетке на расстояниях, меньших половины длины волны (даже если конструкция антенн это позволяет), нецелесообразно, так как при этом перекрываются поверхности абсорбции и эффект получается слабым. Увеличивать же расстояния сверх длины волны недопустимо, так как при этом в диаграмме направленности появляются дополнительные боковые лепестки, неперпендикулярные главному направлению.

Синфазные решетки могут быть собраны из антенн самых различных типов. Обычно в решетке используют одинаковые антенны, что упрощает их согласование с нагрузкой и фазирование. Однако не исключено использование в решетке и разных антенн. В условиях дальнего приема телевизионных передач радиолюбители в основном применяют синфазные решетки, собранные из антенн типа "Волновой канал" и рамочных. При этом к тем

недостаткам многоэлементных антенн "Волновой канал", которые были рассмотрены ранее, следует добавить еще один. Две или несколько антенн этого типа, даже в том случае, если они изготовлены точно по чертежам и из одинаковых материалов, оказываются расстроены по-разному. Поэтому фазы принятых ими сигналов на выходах антенн одинаковыми не получаются и неизбежно наличие расфазирования, что значительно уменьшает коэффициент усиления решетки. Таким образом, для радиолюбителей можно считать допустимым использование синфазных решеток, собранных лишь из трехэлементных антенн "Волновой канал", естественная расстройка которых, как отмечалось ранее, незначительна и не приводит к необходимости индивидуальной настройки каждой антенны, а также к фазированию антенн в решетке.

В качестве примера на рис. 5.1 показана двухрядная антенная решетка, собранная из двух трехэлементных антенн "Волновой канал". Антенна

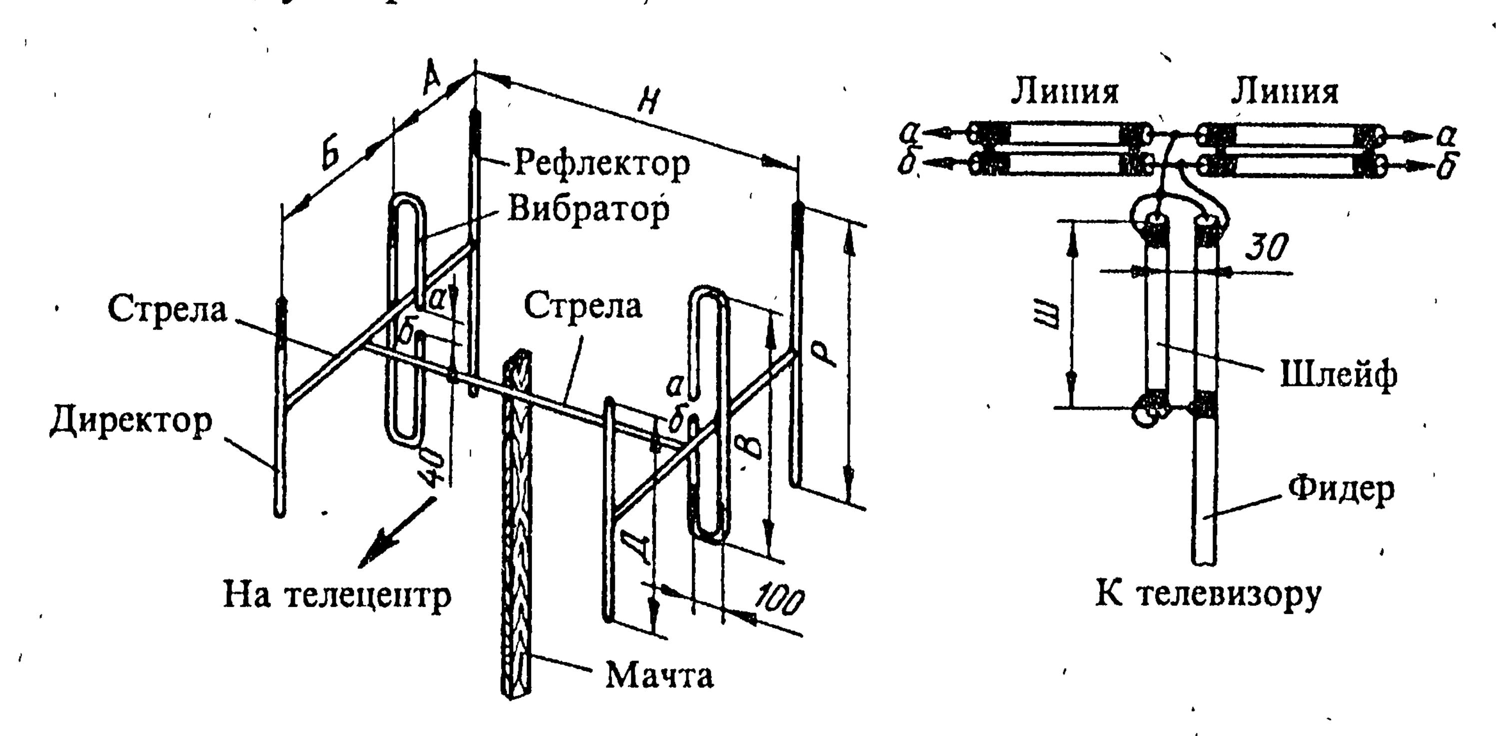


Рис. 5.1. Двухрядная синфазная антенна

предназначена для приема сигнала с вертикальной поляризацией на границе зон прямой видимости и полутени. Коэффициент усиления антенны составляет примерно 10 дБ. Элементы антенны выполняют из металлической трубки диаметром 12...20 мм для антенн, работающих на 1–5-м каналах, или диаметром 8...15 мм для антенн, работающих на 6–12-м каналах. Стрелы могут быть металлическими или деревянными, мачта же обязательно должна быть выполнена из изоляционного материала и лишь на 2 м ниже антенны мачта может быть металлической. Размеры каждой антенны можно взять из табл. 4.3, а расстояние между антеннами Н и длина шлейфа Ш приводятся в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Размеры двухрядной трехэлементной антенны

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Н, мм	4500	3800	2900	2600	2400	1280	1230	1180	1130	1090	1050	1000
Ш, мм	1418	1202	932	848	778	420	402	386	370	356	343	331

Согласующее устройство состоит из двух соединительных линий и симметрирующего короткозамкнутого четвертьволнового шлейфа. Вход-

ное сопротивление каждой антенны при указанных в табл. 4.3 размерах составляет примерно 150 Ом. Линии, каждая из которых выполнена из двух отрезков 75-омного коаксиального кабеля, также имеют волновое сопротивление 150 Ом и хорошо согласуются с антеннами. Длина линий может быть взята произвольной, но обе линии должны быть одинаковой длины. В точках соединения линий два сопротивления по 150 Ом соединены параллельно, образуя 75 Ом. К этим точкам с помощью симметрирующего шлейфа подключен фидер. Шлейф и фидер выполняют также из 75-омного кабеля.

Синфазность антенн в решетке достигается применением одинаковых антенн, одинаковых линий, а также благодаря их синфазному соединению. Для этого точки "а" обеих линий должны быть подключены именно к точкам "а" (верхним концам) вибраторов обеих антенн. Если данную антенную решетку повернуть на 90° так, чтобы элементы антенн заняли горизонтальное положение, получится двухэтажная антенная решетка, которую можно использовать для приема передач с горизонтальной поляризацией сигнала.

Использование синфазных антенных решеток позволяет при необходимости значительно увеличить коэффициент защитного действия антенны для ослабления помехи, приходящей со стороны, противоположной направлению на передатчик. Для этого в синфазной решетке нужно выдвинуть одну из антенн, например нижнюю, как показано на рис. 5.2, вперед по направлению на телецентр на четверть длины волны принимаемого канала, одновременно увеличив также на четверть длины волны в кабеле соответствующую линию, в данном случае – подключенную к нижней антенне. Сигнал, приходящий спереди, поступит к нижней антенне на 1/4 периода раньше, чем сигнал, поступивший к верхней антенне. Но за счет более длинной линии сигнал от нижней антенны будет задержан также на 1/4 периода. Таким образом, сигналы от нижней и верхней антенн к точкам соединения линий поступят одновременно, в фазе, и будут складываться. Помеха, приходящая сзади, поступит к нижней антенне с запаздыванием на 1/4 периода по сравнению с помехой, поступившей к верхней антенне. Дополнительно помеха, принятая нижней антенной, будет задержана более длинной соединительной линией еще на 1/4 периода. Таким образом, помеха, принятая нижней антенной, поступит к точке соединения линий на полпериода позже, чем помеха, принятая верхней антенной. Поэтому они окажутся в противофазе и будут вычитаться. Такой способ позволяет увеличить КЗД антенной решетки примерно на 20 дБ, если направления на источники сигнала и помехи противоположны, т. е. угол между этими направлениями составляет 180°. Однако и при меньших углах, вплоть до 150°, имеет смысл использовать такой способ увеличения КЗД.

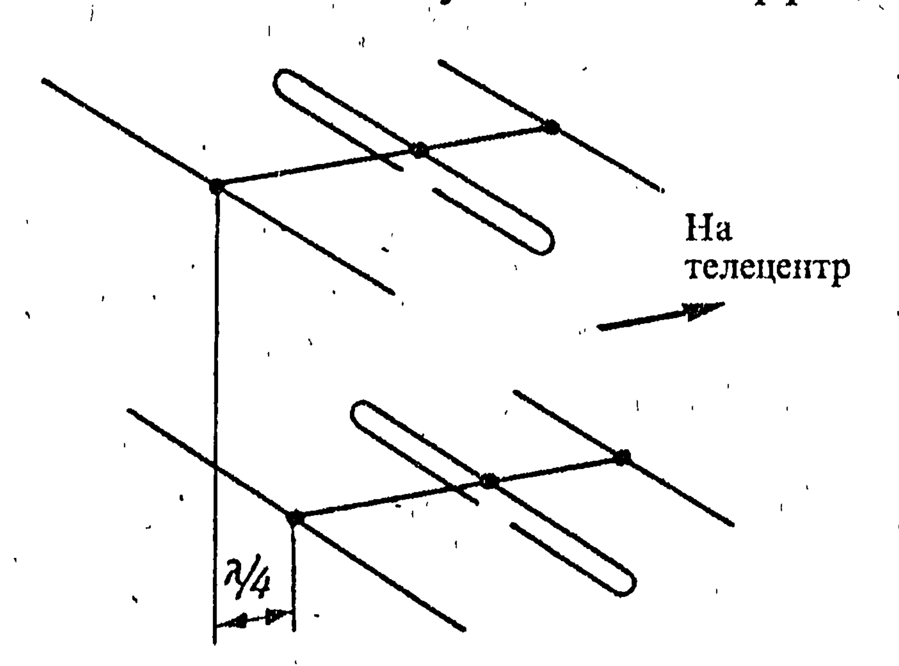


Рис. 5.2. Синфазная решетка с повышенным КЗД

Это может понадобиться, когда слабый сигнал отдаленного телевизионного передатчика не может быть принят с удовлетворительным качеством из-за наличия ближе расположенного или более мощного передатчика, работающего на том же канале. При постройке антенной решетки с повышенным КЗД необходимо помнить, что длина волны в кабеле в 1,52 раза меньше, чем длина волны в свободном пространстве. Поэтому выдвигать одну из антенн вперед нужно на 1/4 длины волны в свободном пространстве (этот размер соответствует размеру Ш в таблицах 4.6 и 5.1), а удлинять одну из соединительных линий нужно на 1/4 длины волны в кабеле (этот размер соответствует размеру Т в табл. 4.6). Разница в размерах Ш, приведенных в указанных таблицах, объясняется тем, что размеры одной из таблиц рассчитаны для настройки антенны на несущую частоту изображения, а другой – на среднюю частоту канала.

На рис. 5.3 показана четырехэтажная синфазная решетка, собранная из четырех трехэлементных антенн "Волновой канал". Размещение антенн в четыре этажа значительно сужает диаграмму направленности в вертикальной плоскости и позволяет прижать ее лепесток к земле. Это очень важно в условиях дальнего приема телевизионных передач, когда сигнал приходит с линии горизонта. Коэффициент усиления такой антенной решетки достигает 14 дБ. Размеры антенн могут быть взяты из табл. 4.3. Согласование антенн осуществляется следующим образом. Первый (нижний) этаж соединяется со вторым соединительной линией с волновым сопротивлением 150 Ом, образованной двумя отрезками 75-омного коаксиального кабеля. Длина соединительных линий, которыми соединены первый со вторым и третий с четвертым этажами, должна быть равна половине длины волны в кабеле. В связи с тем, что сигнал,

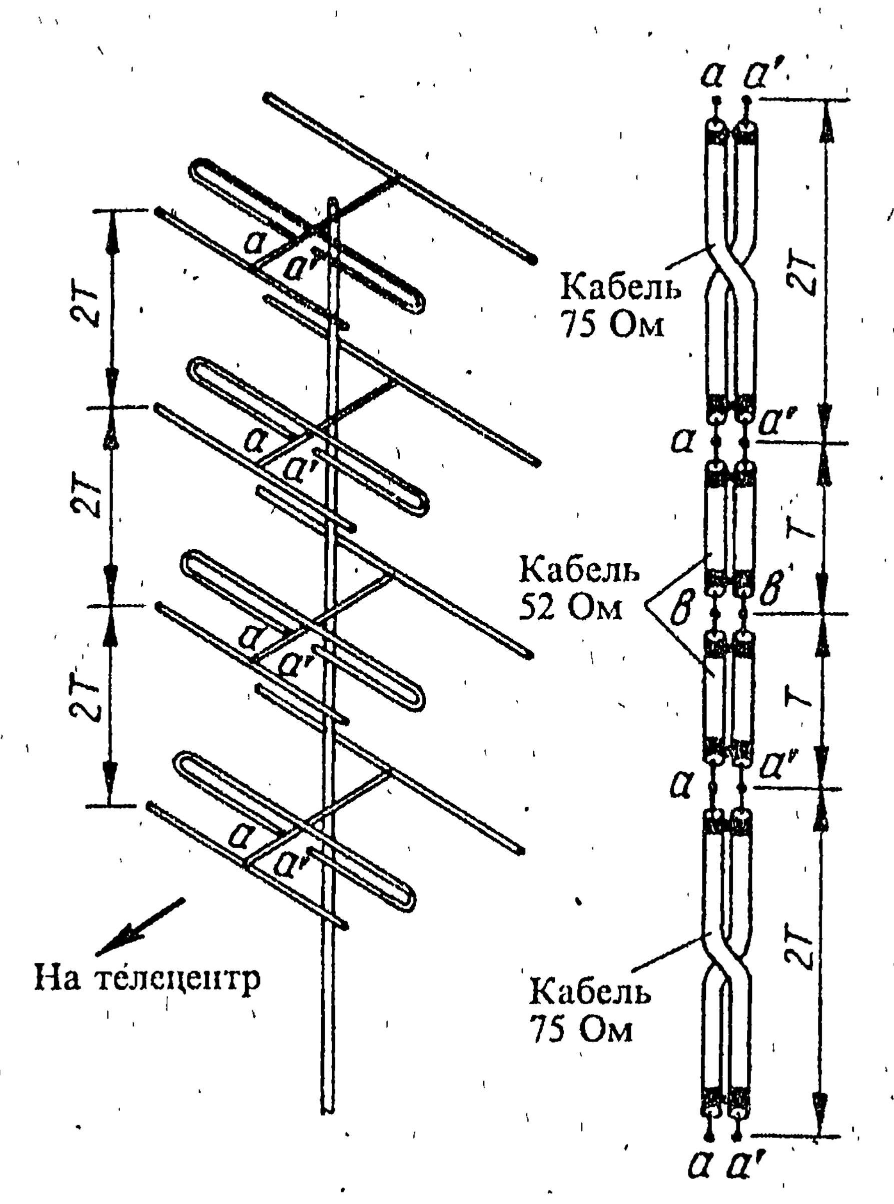


Рис. 5.3. Четырехэтажная синфазная решетка

проходя по линиям такой длины, задерживается на полпериода, т.е. его фаза меняется на обратную, для компенсации отрезки кабеля в линиях перекрещены. В точках питания антенн второго и третьего этажей два сопротивления по 150 Ом соединены параллельно, образуя 75 Ом. К этим точкам подключены трансформаторы, образованные отрезками 50-омного кабеля с волновым сопротивлением 100 Ом длиной Т. Поэтому в точках "в–в" входные сопротивления двух нижних этажей и входные сопротивления двух верхних этажей оказываются равными 150 Ом, соединены параллельно, образуя 75 Ом. К этим точкам и подключается фидер с помощью четвертьволнового симметрирующего шлейфа длиной Ш. Размеры транс-

форматоров Т и шлейфа Ш можно взять из одной из помещенных ранее таблиц. На концах линий и трансформаторов оплетки кабеля соединяют между собой. Центральную жилу фидера, соединенную с центральной жилой и оплеткой шлейфа, подключают к левой точке "в", а оплетку фидера – к правой точке "в". С оплетками трансформаторов оплетку фидера не соединяют.

В § 4.9 была рассмотрена семиэлементная широкополосная антенна типа АТВК-7/6-12, рассчитанная на прием передач по любому из каналов в диапазоне с шестого по двенадцатый. Широкополосность этой антенны достигнута взаимной расстройкой ее элементов и в результате коэффициент усиления оказывается небольшим. Некоторые радиолюбители пытаются собирать из таких антенн синфазные решетки для увеличения коэффициента усиления и использования таких решеток в условиях дальнего приема. Все попытки приводят к отрицательным результатам по следующим причинам. Антенна АТВК-7/6-12 рассчитана на применение в сравнительной близости от телевизионного передатчика, поэтому она не согласована с фидером, а лишь симметрируется с помощью кабельной петли. Обеспечить согласование антенн в решетке по их входным сопротивлением с волновым сопротивлением фидера во всем диапазоне невозможно, так как согласование осуществляется резонансными элементами – трансформаторами сопротивления, выполняемыми из отрезков кабеля длиной в 1/4 длины волны. Такой элемент является трансформатром только на той частоте сигнала, при которой его длина равна 1/4 длины волны. На другой частоте длина будет уже отличаться от 1/4 длины волны и как трансформатор он работать уже не будет, следовательно, произойдет рассогласование. Кроме того, антенны этого типа неидентичны по своим фазовым характеристикам. Фазы сигналов на выходах двух внешне одинаковых антенн могут быть также неодинаковыми. Это относится и к случаю, если из антенн собирается решетка, предназначенная для работы только на одном канале. В таком случае нецелесообразно использовать антенны, являющиеся широкополосными. Выгоднее использовать в решетке либо более простые антенны с таким же усилением, но стабильной фазовой характеристикой, либо антенны такой же степени сложности, но узкополосные, обладающие более высоким коэффициентом усиления. Те же соображения можно применить и к другим видам широкополосных антенн. Собирать из них синфазные решетки нецелесообразно порой из-за трудностей согласования, порой из-за трудностей фазирования.

Хорошие результаты дают синфазные решетки, собранные из рамочных антенн. В диапазонах метровых волн наибольшее распространение получили двухэтажные и двухэтажные двухрядные синфазные решетки, собранные из двухэлементных рамочных антенн. На рис. 5.4 показаны двухэтажная синфазная решетка и схема симметрирующе-согласующего устройства к ней. Обе антенны этой решетки выполняют согласно рис. 4.5 и табл. 4.5. Симметрирование антенн осуществляется четвертьволновыми симметрирующими короткозамкнутыми шлейфами, не изменяющими входного сопротивления антенн. Поэтому линии, выполненные как и шлейфы из 75-омного кабеля, хорошо согласуются с антеннами. Линии берутся произвольной, но одинаковой длины. В точке соединения линий два сопротивления по 75 Ом соединены параллельно, образуя 37,5 Ом. Для

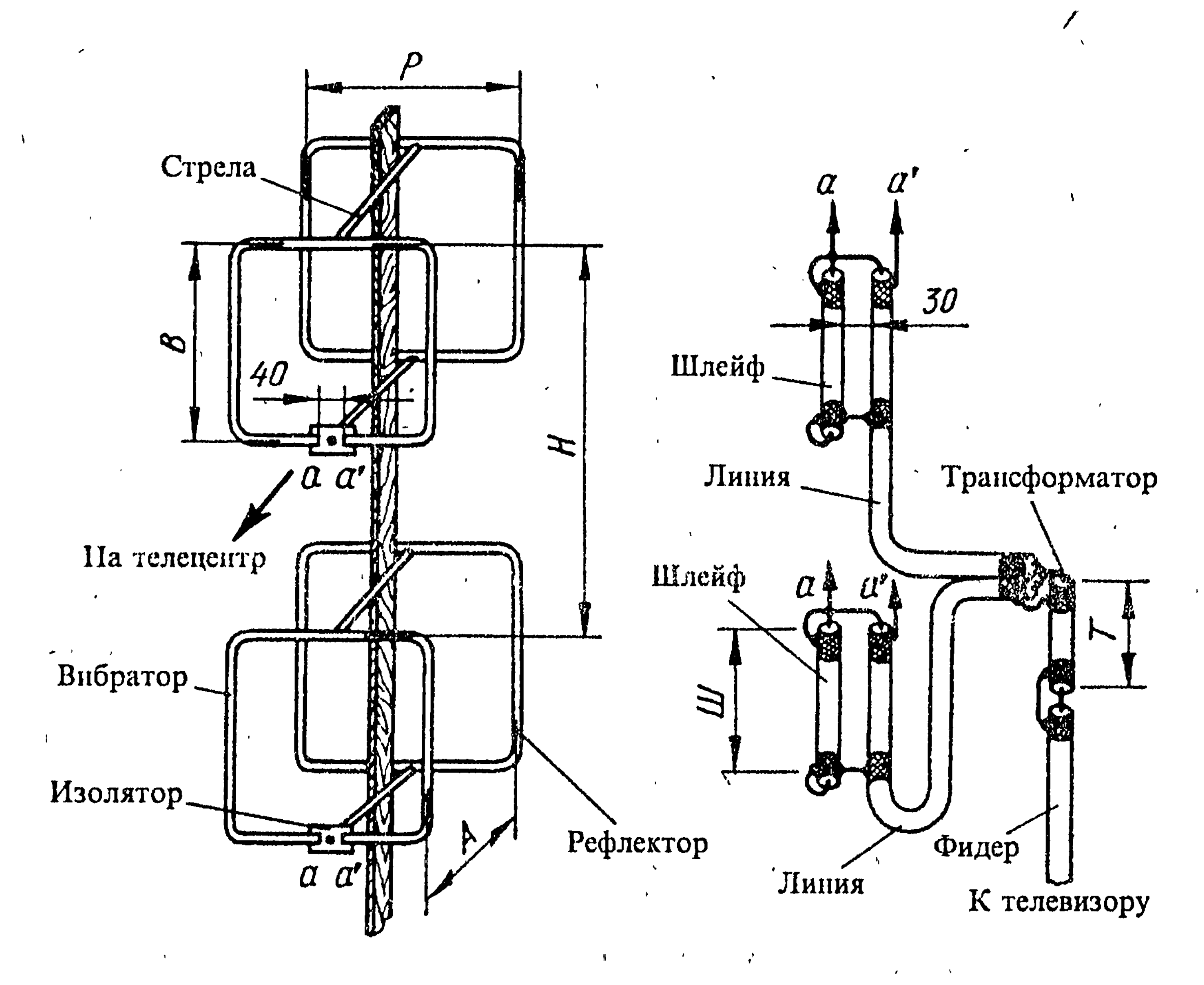


Рис. 5.4. Двухэтажная синфазная рамочная антенна

согласования такого сопротивления с волновым сопротивлением фидера, которое составляет 75 Ом, используется трансформатор в виде отрезка кабеля длиной в 1/4 длины волны в кабеле. Волновое сопротивление кабеля, из которого выполняется трансформатор, определяется путем извлечения квадратного корня из произведения сопротивлений на входе и выходе трансформатора, что дает 53 Ома. Таким образом, трансформатор должен быть выполнен из кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом.

Часто возникают затруднения в связи с отсутствием отрезка 50-омного кабеля. В этом случае можно выполнить согласование по другой схеме, показанной на рис. 5.5. Все элементы этой схемы выполнены кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом. В схеме использованы два трансформатора, включенные последовательно. Первый трансформатор образован тремя параллельными отрезками кабеля и имеет волновое сопротивление 25 Ом. Второй трансформатор образован двумя отрезками кабеля и имеет волновое

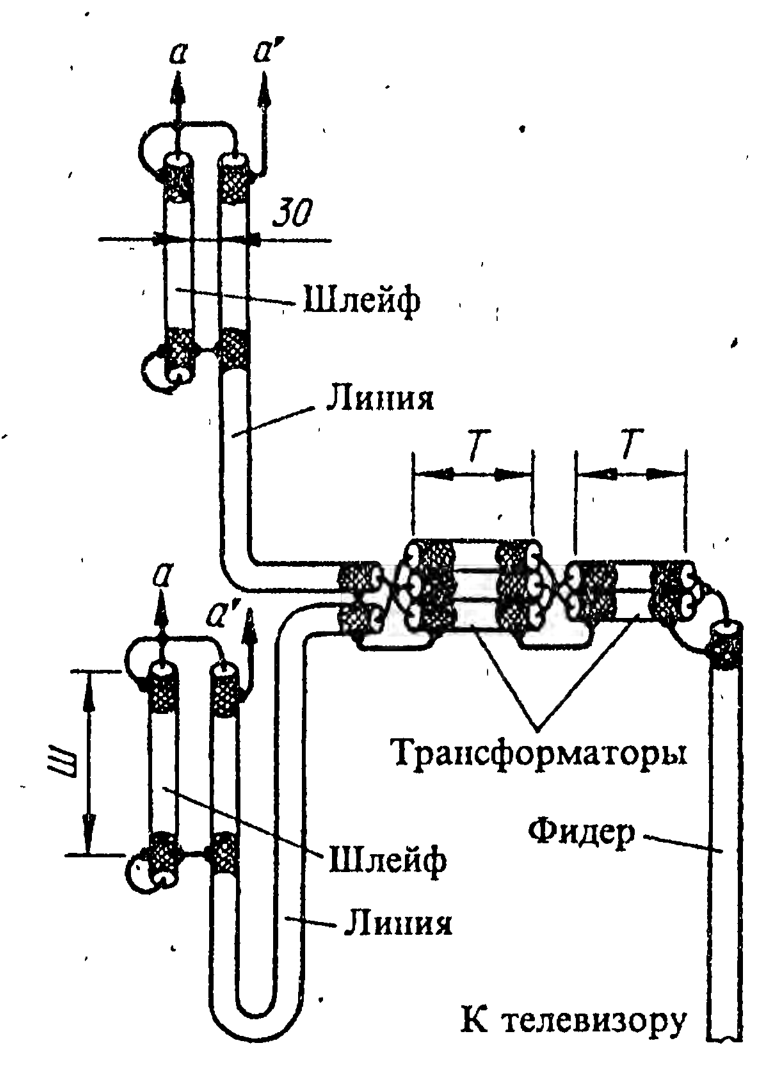


Рис. 5.5. Вариант согласования двухэтажной антенны

сопротивление 37,5 Ом. Входное сопротивление решетки равно 37,5 Ом, на выходе первого трансформатора оно уменьшается до 16,7 Ом, а на выходе второго трансформатора увеличивается до 84,4 Ом. Хотя и не обеспечивается полное согласование такого сопротивления с волновым сопротивлением фидера, равным 75 Ом, но рассогласование можно считать вполне допустимым. При этом рассогласовании коэффициент бегущей волны составляет 0,89, что соответствует передаче в фидер 98 % мощности сигнала, принятого антенной. Коэффициент усиления двухэтажной синфазной решетки из двух двухэлементных рамочных антенн примерно равен 12...13 дБ.

Если необходимо увеличить КЗД двухэтажной рамочной антенны, верхняя антенна выдвигается вперед по направлению на телецентр на расстояние, равное Ш, а верхняя линия удлиняется относительно нижней на длину Т.

Двухэтажная решетка из рамочных антенн имеет узкую диаграмму направленности в вертикальной плоскости и более широкую в горизонтальной. Это представляет большое удобство, так как антенная решетка не нуждается в тщательном ориентировании по азимуту, а узкий лепесток диаграммы направленности в вертикальной плоскости, прижатый к линии горизонта, благоприятствует дальнему приему телевизионных передач. Использовать эту антенную решетку рекомендуется в зоне полутени, прилегающей к зоне прямой видимости.

Если после установки двухэтажной синфазной решетки из рамочных антенн экспериментально будет установлено, что ее коэффициент усиления недостаточен для получения уверенного приема с хорошим качеством изображения, можно изготовить еще две рамочные антенны и собрать решетку из четырех антенн, расположенных в два ряда и в два этажа. Такая антенная решетка со схемой согласования показана на рис. 5.6. Все ее

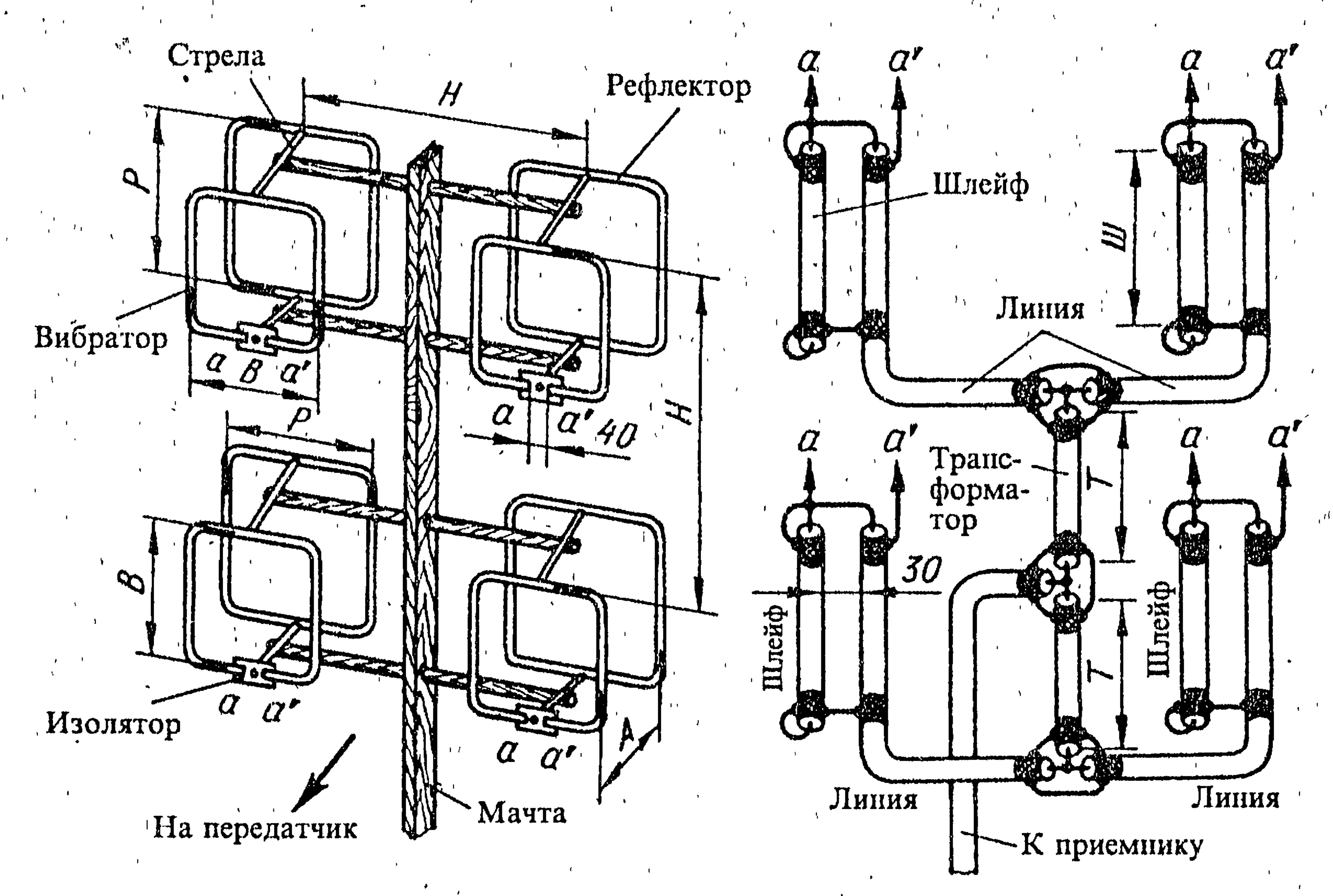


Рис. 5.6. Двухэтажная двухрядная рамочная антенна

размеры берутся из таблицы 4.5. За счет удвоения рядов сужается диаграмма направленности решетки в горизонтальной плоскости, а коэффициент усиления возрастает до 16...17 дБ. Использовать такую антенную решетку целесообразно в дальней части зоны полутени.

Все элементы симметрирующе-согласующего устройства выполняют из отрезков 75-омного кабеля. Входное сопротивление двух верхних антенн в точке соединения верхних линий составляет 37,5 Ом. Верхний трансформатор увеличивает его до 150 Ом. Такое же входное сопротивление имеют две нижние антенны. В точке соединения трансформаторов два сопротивления по 150 Ом соединены параллельно, образуя 75 Ом. Сюда и подключается фидер. Согласование получается достаточно хорошим. Синфазность обеспечивается одинаковыми антеннами и одинаковой длиной всех четырех линий, которая может выбираться произвольно. Для соблюдения синфазности нужно обратить особое внимание на правильность подключения линий к антеннам: центральные жилы всех четырех линий подключают к левым концам вибраторных рамок, а оплетки – к правым. Иначе произойдет расфазирование.

При необходимости увеличения КЗД две верхние антенны выдвигают вперед на расстояние Ш, а обе верхние линии удлиняют относительно нижних на длину Т.

В этой конструкции антенной решетки перекладины обязательно должны быть выполнены из изоляционного материала. Можно использовать текстолит, винипласт или деревянные рейки, проваренные в каком-либо противогнилостном составе и окрашенные. Мачта может быть выполнена из металла. Во избежание прогиба перекладин мачту можно сделать выступающей вверх за пределы антенны на высоту Н/2 и подвязать все стрелы антенн к вершине мачты капроновым шнуром (использовать проволоку нельзя!). На вершине мачты можно установить громоотвод в виде заостренного металлического штыря, приваренного к мачте, если она металлическая, или соединенного толстым проводом, проведенным по деревянной мачте, с надежным заземлением у основания мачты. Металлическая мачта также надежно заземляется.

Весьма привлекательны синфазные решетки, собранные из трехэлементных рамочных антенн. Двухэтажная синфазная решетка, собранная из двух трехэлементных рамочных антенн, должна обладать коэффициентом усиления примерно 19 дБ, а двухэтажная двухрядная синфазная решетка из четырех трехэлементных рамочных антенн – около 23 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала на выходе антенной решетки в 14 раз по сравнению с полуволновым вибратором. Размеры трехэлементных рамочных антенн можно взять для дециметрового диапазона из табл. 3.2, а для метрового диапазона – из табл. 4.6. Согласование осуществляется в соответствии с рис. 5.4 или 5.5 для двухэтажной решетки из двух антенн, или рис. 5.6 – для двухэтажной двухрядной решетки из четырех антенн. Согласно тем же рисункам выполняется конструкция самих антенных решеток.

Несмотря на то, что конструкция двухэтажной двухрядной решетки, собранной из трехэлементных рамочных антенн, для метровых диапазонов оказывается достаточно громоздкой (особенно для 1-го и 2-го каналов), ее можно рекомендовать для уверенного приема передач на дальней границе

зоны полутени или в тех случаях, когда использование более простых антенн не дает хороших результатов.

При изготовлении трехэлементных рамочных антенн для дециметрового диапазона расстояние между концами вибраторной рамки, как показано на рис. 3.6, берется равным 15 мм. Такое небольшое расстояние взято для того, чтобы оно было значительно меньше стороны квадрата рамки. Если же антенну выполняют для работы в метровом диапазоне, это расстояние может быть увеличено до 40 мм.

В табл. 4.6 расстояние между трехэлементными рамочными антеннами синфазной решетки по вертикали и по горизонтали H указано максимально допустимым, примерно равным длине волны для получения наибольшего коэффициента усиления. Если такие большие расстояния окажутся неприемлемыми из-за громоздкости конструкции, разнос антенн по горизонтали можно уменьшить в 1,5 раза, хотя при этом коэффициент усиления решетки уменьшится примерно на 1 дБ. Можно также уменьшить расстояние между этажами решетки также в 1,5 раза, если это необходимо, что приведет к уменьшению коэффициента усиления решетки еще на 1 дБ. Вообще вовсе не обязательно, чтобы расстояния между этажами и рядами решетки были равны между собой.

Двухэтажная двухрядная синфазная решетка достаточно громоздка, особенно для приема передач на 1–5 каналах. В условиях дальнего приема

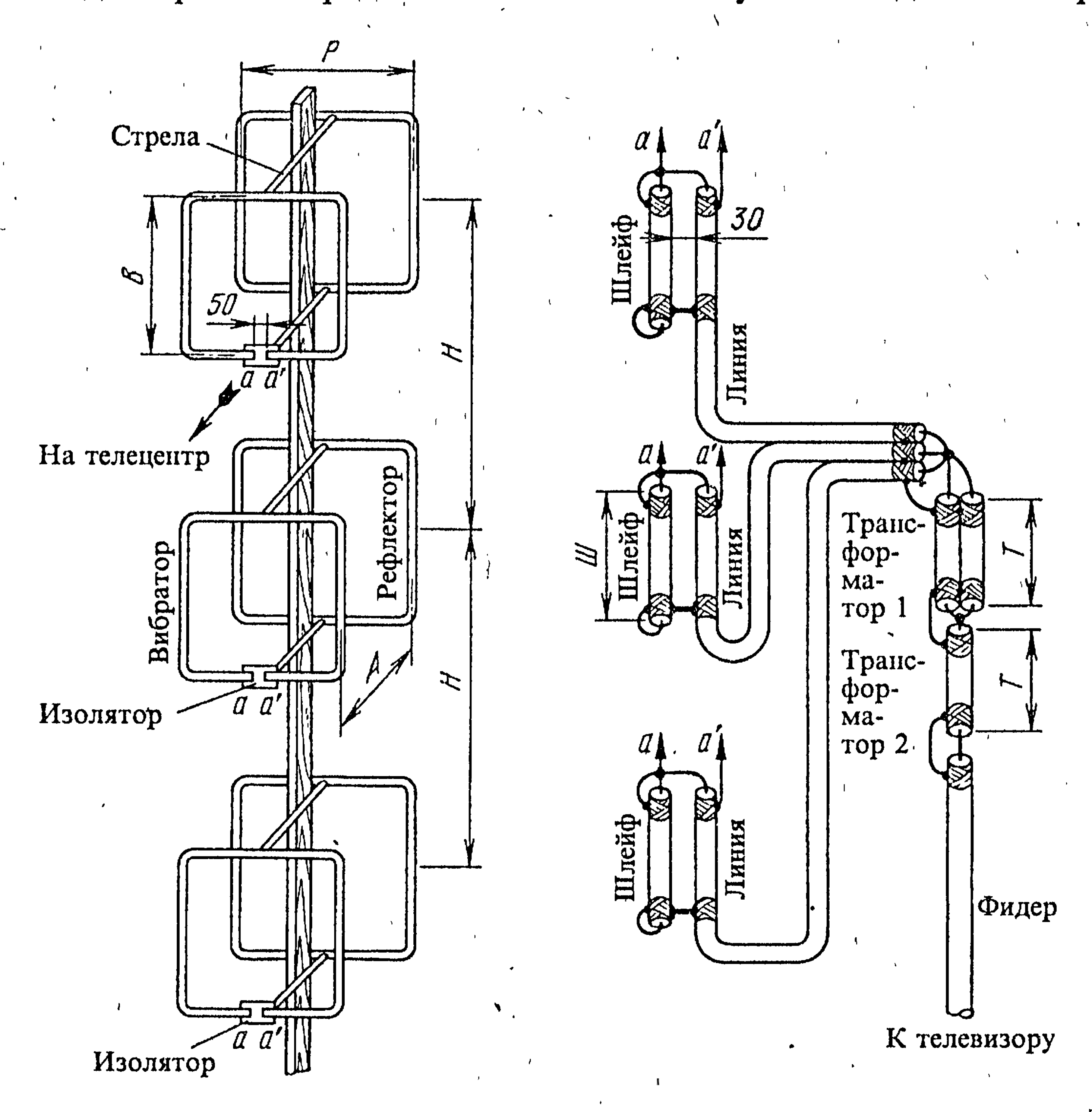


Рис. 5.7. Трехэтажная рамочная антенна

телевидения в зоне полутени, когда передающая антенна находится за линией горизонта, особенно важно, чтобы главный лепесток диаграммы направленности приемной антенны был прижат к Земле. В то же время, из-за низкой напряженности поля ориентирование антенны по азимуту при узкой диаграмме направленности в горизонтальной плоскости представляет определенные трудности. Поэтому можно рекомендовать трехэтажную однорядную синфазную решетку из трех двухэлементных или трехэлементных рамочных антенн, показанную со схемой согласования на рис. 5.7. Все размеры здесь такие же, как для уже рассмотренных рамочных антенн и синфазных решеток из них. Особенность же в том, что для согласования этой решетки с фидером требуются два соединенных последовательно трансформатора. Трансформатор 1 образован параллельным соединением отрезков 75-омного и 50-омного кабелей, трансформатор 2 выполнен из отрезка 50-омного кабеля. Напомним: все три линии выполняются одинаковой длины из одной и той же марки 75-омного кабеля.

Коэффициент усиления такой решетки из двухэлементных рамочных антенн – 14–16 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала в 5–6 раз, а из трехэлементных рамочных антенн около 21 дБ, что соответствует увеличению напряжения сигнала в 11 раз относительно полуволнового вибратора. В горизонтальной плоскости диаграмма направленности сравнительно широка.

5.5. ПАССИВНЫЕ РЕТРАНСЛЯТОРЫ

Встречаются такие условия, когда уверенный прием телевизионных передач оказывается невозможен из-за чрезмерно низкого уровня напряженности поля в точке приема. Это может быть связано с большим расстоянием до телевизионного передатчика, но иногда причина состоит в том, что неблагоприятен рельеф местности и точка приема расположена в ложбине. При этом прямому прохождению сигнала препятствует наличие холма или горной преграды. В таких условиях прибегают к использованию активного или пассивного ретранслятора.

Активный ретранслятор представляет собой совокупность приемной антенны, радиоприемника полного телевизионного сигнала, преобразователя частотного спектра, радиопередатчика преобразованного сигнала и передающей антенны. Преобразователь частотного спектра необходим для того, чтобы передача сигнала ретранслятором производилась на другом частотном канале относительно того канала, по которому сигнал был принят. Это требуется для устранения помех для тех телевизоров, которые могут попасть в зону, где возможен прием и основного сигнала, и ретранслируемого. В первые годы развития массового телевидения, когда число телевизионных центров было невелико, некоторые радиолюбительские коллективы создавали активные ретрансляторы для обеспечения возможности уверенного приема телевизионных передач в своем населенном пункте. В настоящее время сеть действующих телевизионных центров и государственных активных ретрансляторов стала настолько густой, что выбрать свободный номер канала, не создающий помех сигналам окружающих передатчиков, порой оказывается невозможно. Поэтому органами министерства связи категорически запрещена постройка любительских

6 – 6206

активных ретрансляторов. Установка же государственных активных ретрансляторов производится по плану, с учетом уже действующих передатчиков в каждом регионе и их частотных полос. При этом зачастую для установки нового ретранслятора приходится изменять номера каналов действующих телецентров и ретрансляторов.

Пассивный ретранслятор отличается тем, что не содержит приемопередающей или усилительной аппаратуры, а прием и передача осуществляются исключительно антенными системами.

Различают пассивные ретрансляторы трех типов: преломляющего, отражающего и препятствия.

Ретранслятор преломляющего типа в простейшем случае представляет собой комбинацию двух остронаправленных антенн, одна из которых ориентирована на антенну передатчика, а вторая направлена в точку приема. Таким образом, производится переизлучение сигнала в нужном направлении.

Ретранслятор отражающего типа выполняется в виде одного или двух плоских антенных зеркал, которые обеспечивают изменение направления распространения сигнала. Антенны ретрансляторов преломляющего и отражающего типов должны быть выполнены с высокой точностью рабочих поверхностей при больших размерах полотен этих антенн, доходящих до сотен квадратных метров в телевизионном диапазоне частот. Кроме того, должна быть обеспечена жесткая фиксация рабочих поверхностей антенн в пространстве, что требует использования сверхжестких опор. Поэтому ретрансляторы преломляющего и отражающего типов в последнее время редко находят применение на государственных линиях связи и совершенно неприемлемы в радиолюбительских условиях для приема телевизионных передач.

Пассивный ретранслятор типа препятствия был предложен в 1954 г. Г.З. Айзенбергом и А.М. Моделем. Такой ретранслятор представляет собой металлическую поверхность, расположенную между передатчиком и приемником, находящимся относительно передатчика в зоне тени (рис. 5.8). В

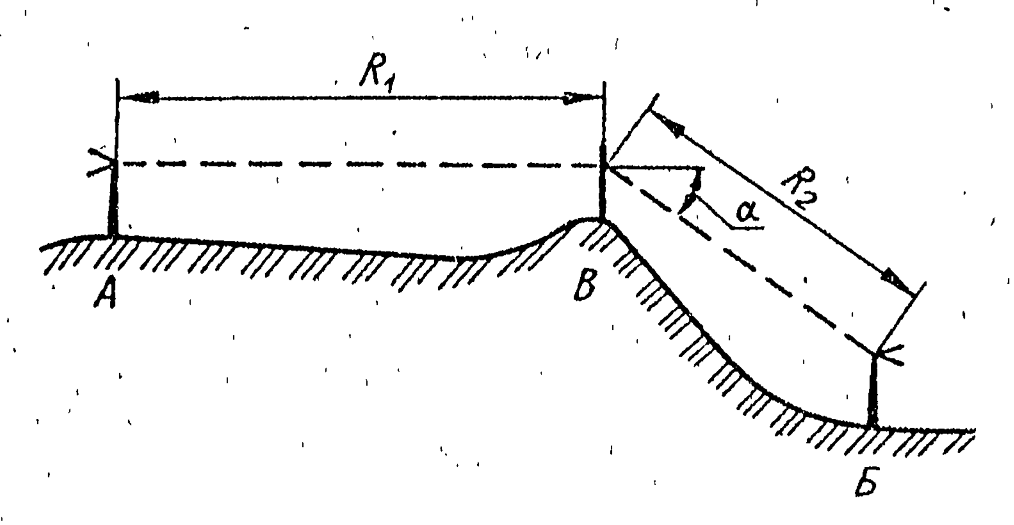


Рис. 5.8. К пояснению установки пассивного ретранслятора

отсутствие ретранслятора антенна передатчика, установленная в точке А, практически не создает в точке приема Б электромагнитного поля, так как точка приема затенена. При установке на пути распространения сигнала в точке В препятствия, в точке Б возникает поле. Это связано с тем, что препятствие в соответствии с принципом Гюйгенса возбуждается падающей на него волной и становится источником вторичного излучения. При

соответствующем выборе формы и размеров препятствия напряженность поля в точке Б может оказаться значительной и достаточной для уверенного приема телевизионного сигнала. Роль препятствия в том, что на трассе распространения сигнала образуется поверхность с нулевой напряженностью поля на той стороне, которая обращена к пункту приема.

Деформации рабочей поверхности ретранслятора типа препятствия, вызванные ветром, или отклонения ее из-за неточности изготовления не влияют на интенсивность излучения и на уровень напряженности поля в точке приема. Это – основное преимущество ретрансляторов типа препятствия перед ретрансляторами преломляющего и отражающего типов. Поэтому полотно ретранслятора типа препятствия может быть выполнено не в виде жесткой металлической конструкции, а в виде проволочной сетки, жесткость же конструкции рамы такой сетки определяется исключительно необходимой механической прочностью. Отпадает также необходимость выполнения юстировки рабочей поверхности ретранслятора после его установки, обязательной для ретрансляторов преломляющего и отражающего типов. Все это указывает на то, что пассивные ретрансляторы типа препятствия могут найти широкое применение для уверенного приема телевизионных передач в сложных рельефных условиях при их установке радиолюбителями.

Оптимальная форма полотна ретранслятора типа препятствия – дугообразная. Однако практически из-за того, что горизонтальные размеры полотна значительно меньше расстояния до ретранслируемого передатчика, дуга вырождается в прямую, и такие же результаты дает полотно прямоугольной формы. Полотно ретранслятора устанавливают в вертикальной плоскости, перпендикулярной линии, соединяющей точки А и Б. Установка полотна ретранслятора на опорах показана на рис. 5.9.

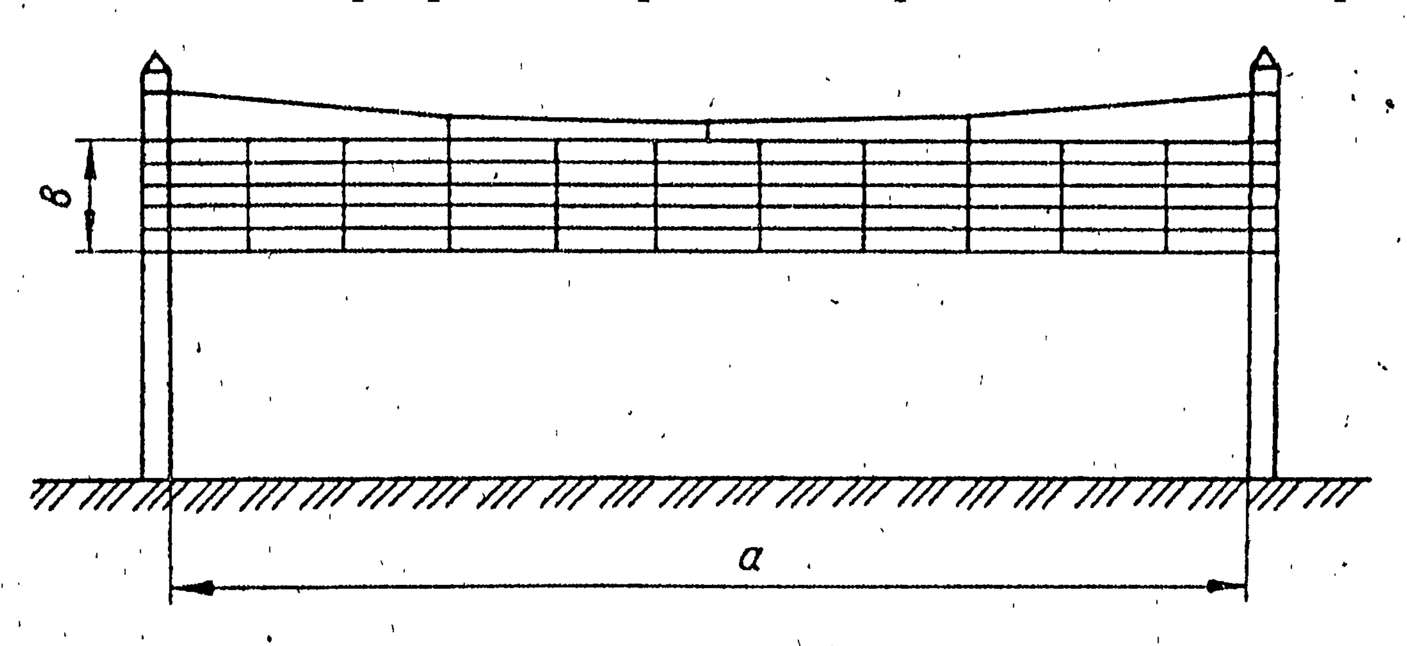


Рис. 5.9. Полотно Пассивного ретранслятора

Наибольшая высота полотна равна высоте зоны Френеля и может быть определена по формуле

$$b_m = \frac{\lambda}{2\sin\alpha}.$$

Наибольшая ширина полотна определяется допустимой расфазировкой полей, излученных серединой и краями полотна:

$$a_m = 1,7\sqrt{\lambda R_2}.$$

В этих формулах λ – длина волны принимаемого телевизионного канала, α – угол между направлениями падающего на полотно поля и излученного поля на пункт приема, R_2 – наклонное расстояние между полотном ретранслятора и приемной антенной. Формулы справедливы, когда расстояние между передающей антенной и ретранслятором значительно больше расстояния между ретранслятором и приемной антенной. В противном случае вместо R_2 следует подставлять в формулу значение $R_1R_2/(R_1 + R_2)$. Размеры полотна получаются в метрах, если также в метрах выражены расстояния.

При расчете размеров пассивного ретранслятора следует учесть, что полученные размеры являются максимально допустимыми: увеличение этих размеров приводит к снижению эффективности ретранслятора. Фактически в диапазонах I и II метровых волн эти размеры могут оказаться реально невыполнимыми. Приведем следующий пример. Допустим, расстояние от передатчика до ретранслятора $R_1 = 30$ км, расстояние от ретранслятора до приемной антенны $R_2 = 1$ км, а угол между этими направлениями $\alpha = 10°$. Тогда для первого телевизионного канала с длиной волны $\lambda = 6$ м наибольшая высота полотна получится равной 17,3 м, а наибольная ширина полотна 132 м. В таких условиях полотно может быть выполнено меньших размеров, хотя эффективность ретранслятора, которая пропорциональна площади поверхности полотна, уменьшится. Для тех же условий, если ведется прием передач по 12-му каналу с длиной волны 1,32 м, размеры полотна оказываются уже ближе к реальности: высота –3,7 м, ширина – 61,3 м. Наконец, для 33-го канала дециметрового диапазона волн при длине волны 0,53 м размеры полотна получаются еще меньше: высота – 1,5 м, а ширина – 39,1 м.

Эффективность пассивного ретранслятора типа препятствия можно характеризовать отношением напряженности поля в точке размещения ретранслятора к напряженности поля в точке приема:

$$\frac{E_В}{E_Б} = \frac{\lambda R_2}{S_{эф}},$$

где $S_{эф} = 0,5ab$ – эффективная поверхность полотна ретранслятора. Здесь коэффициент 0,5 учитывает расфазировку полей, излученных всей поверхностью ретранслятора, а также уменьшение напряженности поля в точке приема за счет просачивания части энергии поля сквозь полотно ретранслятора. Если в рассмотренном примере выполнить полотно ретранслятора максимально допустимых размеров и преобразовать формулу отношения напряженности поля, подставив в нее выражение для эффективной поверхности полотна ретранслятора

$$\frac{E_В}{E_Б} = \frac{\sin\alpha}{0,425}\sqrt{\frac{R_2}{\lambda}},$$

напряженность поля в точке приема окажется в 5,3; 11,2 и 18 раз меньше

напряженности поля в точке установки ретранслятора соответственно для 1, 12 и 33-го каналов.

Из преобразованной формулы видно, что при малых углах α напряженность поля в точке приема обратно пропорциональна этому углу, а ее зависимость от расстояния до ретранслятора и от длины волны слабее, поскольку их значения входях в формулу под знаком радикала, если размеры полотна выбраны максимально допустимыми. В то же время максимальные размеры полотна зависят от длины волны, с уменьшением длины волны они также уменьшаются, особенно высота полотна, которая зависит от длины волны в первой степени. Таким образом, эффективность ретранслятора при уменьшении длины волны можно было бы увеличить, если бы можно было увеличить размеры полотна сверх максимально допустимых. Это оказывается возможно, если полотно сделать не сплошным, а состоящим из нескольких горизонтальных полос, перекрывающих зоны Френеля через одну, т. е. одного знака. В связи с тем, что в дециметровых диапазонах волн максимально допустимая высота полотна оказывается небольшой, можно выполнить полотно из двух или трех полос, причем высота каждой полосы и расстояние между ними по высоте берутся равными найденному значению максимальной высоты полотна. Такие ретрансляторы называются многоэлементными.

Эффективность многоэлементного ретранслятора типа препятствия возрастает пропорционально квадрату числа полос. Таким образом, если в приведенном примере выполнить полотно ретранслятора для 33-го канала из трех полос высотой 1,5 м каждая с расстоянием между ними по высоте также 1,5 м, эффективность ретранслятора увеличится в 9 раз. При этом напряженность поля в точке приема окажется уже не в 18 раз меньше напряженности поля в точке установки ретранслятора, а всего в два раза.

На равнинной местности при большой протяженности трассы использование радиолюбительских пассивных ретрансляторов типа препятствия становится нереальным по следующим причинам. Установка ретранслятора должна производиться в такой точке трассы, где напряженность поля достаточно велика, а эта точка обычно находится за десятки километров от точки приема. С увеличением этого расстояния падает эффективность ретранслятора при равной эффективной поверхности полотна. Угол между направлениями падающего на ретранслятор поля и излученного на пункт приема уменьшается до долей градуса, что приводит к увеличению максимально допустимой высоты полотна. При этом установка многоэлементного ретранслятора даже для дециметрового диапазона становится нереальной в связи с тем, что у ретрансляторов в таких условиях высота каждой полосы и расстояний между ними по высоте оказываются недопустимо большими.

Пассивные ретрансляторы типа препятствия целесообразно устанавливать в условиях, когда точка приема закрыта в направлении на передатчик близкорасположенной высокой преградой, а на вершине этой преграды, на которой будет установлен ретранслятор, напряженность поля сигнала достаточно велика. Тогда полотно ретранслятора удается выполнить максимально допустимых размеров даже для первого телевизионного канала, а для 12-го канала ретранслятор может быть выполнен многоэлементным.

Рассмотрим теперь практическое исполнение полотна ретранслятора. Теория пассивных ретрансляторов основана на предположении, что препятствие представляет собой сплошной металлический лист. Однако на практике полотно выполняют в виде проволочной сетки. Такие сетки хорошо отражают электромагнитные волны, если поляризация падающего поля параллельна проводам сетки. Тогда при горизонтальной поляризации сигнала полотно должно быть выполнено в виде горизонтальных проводов, а при вертикальной поляризации – вертикальных. Расстояние между проводами должно быть значительно меньше рабочей длины волны. Можно считать достаточным, если их отношение будет не менее 20. Диаметр проводов также имеет значение: чем больше диаметр проводов, тем меньше просачиваемая мощность и тем лучше работает полотно. Хорошие результаты при изготовлении полотна ретранслятора дает антенный канатик. Для обеспечения прочности провода полотна можно скрепить поперечными проводами любого диаметра, пропаяв все точки пересечений. Расстояние между поперечными проводами выбирается произвольно из соображений механической прочности. Полотно ретранслятора устанавливают на двух или нескольких опорах. Если используются промежуточные опоры, все части полотна должны находиться в одной плоскости. Прямоугольная форма полотна обеспечивается его подвеской к капроновому шнуру. Изолировать полотно от опор нет необходимости. Высота нижней кромки полотна над поверхностью земли должна быть не менее нескольких длин волны принимаемого канала.

При использовании пассивного ретранслятора приемная антенна должна быть ориентирована в направлении на его полотно не только по азимуту, но также и по углу места. Поэтому геометрическая ось антенны оказывается не горизонтальной, как обычно, а должна располагаться под соответствующим углом к горизонту.

6. СВЕРХДАЛЬНИЙ ПРИЕМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

6.1. ОСОБЕННОСТИ СВЕРХДАЛЬНЕГО ПРИЕМА

Как уже отмечалось, сверхдальний прием телевизионных передач наблюдается сравнительно редко, сеансы его непродолжительны и не поддаются прогнозированию. Сверхдальний прием возможен при случайно сложившихся благоприятных условиях распространения сигнала. Рассмотрим, каковы же эти условия и чем объясняется сверхдальний прием телевидения?

Как известно, основой распространения радиоволн длинноволнового и средневолнового диапазонов является земная волна, которая характеризуется тем, что энергия электромагнитного поля огибает земную поверхность за счет преломления в атмосфере. Это преломление происходит благодаря уменьшению плотности воздуха с высотой. Радиоволны коротковолнового диапазона слабо преломляются в атмосфере, но способны отражаться от верхних ионизированных ее слоев.

Долгое время считалось, что радиоволны метрового диапазона не огибают поверхность земли (не подвержены рефракции) и не отражаются ионосферой. Это, однако, оказалось не так. Степень ионизации слоев ионосферы резко возрастает в годы солнечной активности, а также и по другим причинам. Это приводит к образованию условий, способствующих отражению волн метрового диапазона. Наиболее важными в этом отношении являются слой E, расположенный на высоте 95...120 км над поверхностью земли, и слой F2, расположенный на высоте 230...400 км. Считается, что образование слоя E связано с ионизацией молекул азота и кислорода рентгеновским и ультрафиолетовым излучением Солнца, а образование слоя F2 – ионизацией тех же газов ультрафиолетовым и корпускулярным излучениями Солнца. Слой E характеризуется большим постоянством электронной концентрации изо дня в день, которая возрастает днем и уменьшается ночью, а слой F является неустойчивым образованием. В этом слое как электронная концентрация, так и высота расположения ее максимума в разные дни колеблются в значительных пределах. Однако днем концентрация электронов в этом слое также выше, чем ночью, и, кроме того, зимой она значительно больше, чем летом. В предрассветные часы наблюдается глубокий минимум электронной концентрации слоя F2.

Время от времени в области E образуется сильно ионизированный слой, который называют "спорадическим слоем E". Интенсивность спорадического слоя E во много раз выше интенсивности нормального слоя E. Исследования показали, что спорадический слой E представляет собой скопление электронных облаков, которые имеют горизонтальную протяженность в десятки и сотни километров и движутся со скоростью до 300 км/ч. Время существования этого слоя колеблется в широких пределах, но не превышает нескольких часов. Спорадический слой E может возникать в

любое время суток и года, однако в средних широтах он чаще образуется в летние дни. Предполагается, что образование спорадического слоя Е связано с просачиванием заряженных частиц из вышерасположенных слоев и с потоками метеоров. Подобно тому как радиоволны длинноволнового и средневолнового диапазонов преломляются в атмосфере, радиоволны УКВ диапазона преломляются в ионосфере. Степень преломления зависит от электронной концентрации слоя и от длины радиоволны или ее частоты.

Чем больше частота волны, тем более высокая концентрация электронов требуется для того, чтобы за счет преломления и полного внутреннего отражения волна вернулась на Землю. Кроме того, доказано, что в точке отражения волны электронная концентрация обязательно должна возрастать с высотой. Отражение не может происходить в области максимума и тем более в области уменьшения электронной концентрации с высотой. Непостоянство электронной концентрации в ионизированных слоях, ее изменения в течение года и в течение суток, кратковременность и случайность спорадического слоя Е приводят к тому, что условия достаточного преломления и полного внутреннего отражения, необходимые для возврата радиоволн на землю, возникают также случайно, длятся кратковременно и не прогнозируются.

Измеренные с помощью геофизических ракет электронные концентрации различных слоев в разное время объясняют, почему сверхдальний прием телевидения наблюдается только в пределах I диапазона (1-й и 2-й телевизионные каналы). Частота волн последующих диапазонов больше и требует для возврата волны на землю таких электронных концентраций, которых в слоях не бывает. Волны этих диапазонов от ионосферы не отражаются, а пронизывают ее насквозь. Сверхдальний прием телевизионных программ обусловлен появлением слоя F2 и спорадического слоя Е. Однако электронная концентрация нормального слоя Е недостаточна для отражения волн телевизионного диапазона, следовательно, и сверхдальнего приема не происходит.

Согласно законам преломления луч, падающий на преломляющую поверхность нормально (под прямым углом), не преломляется. Чем более полого падает луч на преломляющую поверхность, тем больше вероятность того, что будут достигнуты условия для полного внутреннего отражения, тем меньшая электронная концентрация для этого потребуется. Поэтому сверхдальний прием телевидения наблюдается только на больших расстояниях (около 1000 км и более) от телевизионного передатчика, а меньшие расстояния для сверхдальнего приема образуют мертвую зону.

Протяженность электронных облаков и электронная концентрация ионизированных слоев изменяются в широких пределах. Поэтому также в широких пределах изменяется напряженность поля телевизионного сигнала при появлении сверхдальнего приема. Эти пределы настолько широки, что иногда оказывается возможен сверхдальний прием с хорошим качеством изображения даже при использовании комнатных антенн, как это наблюдалось в 1957 г. Тем не менее вероятность получения устойчивого изображения при сверхдальнем приеме увеличивается при использовании высокоэффективных антенн и высокочувствительных телевизионных приемников. Из числа таких приемников можно рекомендовать телевизор для дальнего приема Н. Швырина, описание которого приводилось в журнале "Радио"

№ 12 за 1972 г. Этот телевизор пригоден для приема сигналов с разными стандартами разложения изображения. Однако следует учесть, что постройка такого телевизора, а особенно его налаживание и настройка доступны лишь очень опытным радиолюбителям. К тому же в журнале приводилось недостаточно подробное описание. Для опытов по сверхдальнему приему можно использовать и обычный телевизионный приемник черно-белого изображения промышленного производства, приняв меры к улучшению его чувствительности.

В качестве антенн целесообразно использовать узкополосные антенны с большим коэффициентом усиления, например, двухэтажную двухрядную синфазную решетку из трехэлементных рамочных антенн, построенную по размерам для первого канала. Установить антенну желательно на высокой мачте, а если длина фидера превысит 50 м, использовать малошумящий антенный усилитель, установив его на мачте в непосредственной близости от антенны. В связи с тем, что заранее неизвестно, с какого направления окажется возможным осуществить сверхдальний прием при сложившихся благоприятных условиях распространения сигнала, необходимо иметь возможность быстро и оперативно ориентировать антенну. Для этого антенну устанавливают на поворотной мачте, которая может вращаться с приводом от реверсивного электродвигателя, оснащенного редуктором с большим коэффициентом передачи. Благодаря такому редуктору мощность двигателя может быть небольшой, так как момент вращения с вала двигателя увеличивается пропорционально коэффициенту передачи редуктора. Естественно, что выходные шестерни редуктора должны быть рассчитаны на большие усилия. Во избежание скручивания фидера система поворота антенной мачты должна быть оснащена концевыми выключателями питания электродвигателя, которые ограничивают поворот мачты. Эти же концевые выключатели могут быть использованы для сигнализации о достижении предельного поворота антенны. Некоторые радиолюбители дополняют систему дистанционного поворота антенны парой сельсинов. Эта дает возможность по шкале, установленной на оси сельсина-приемника, определять направление антенны в любом ее положении.

Конечно, в тех случаях, когда установка для сверхдальнего приема предназначена для приема телевизионных передач одного определенного телецентра, нет нужды антенну выполнять поворотной. В этом случае антенна ориентируется по направлению на передатчик раз и навсегда при ее установке.

6.2. РЕТРАНСЛЯЦИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРОГРАММ ЧЕРЕЗ ИСЗ

Рассмотрим кратко вопросы, связанные со спутниковым вещанием – передачей телевизионных программ от передающих наземных станций к приемным через активный ретранслятор, размещенный на искусственном спутнике Земли (ИСЗ).

Основной принцип спутникового вещания – использование промежуточного ретранслятора, установленного на ИСЗ, который движется на высокой орбите длительное время без затрат энергии на это движение. Первые опыты по дальней ретрансляции телевизионных передач с помощью активных

ретрансляторов, расположенных на больших высотах над поверхностью Земли, были осуществлены в СССР в 1957 г. Еще в начале 1937 г. П.В. Шмаковым было технически обосновано предложение установки активных телевизионных ретрансляторов на самолетах, однако в то время это предложение не было актуальным. В 1957 г. после выполнения большой научно-экспериментальной работы была осуществлена такая ретрансляция телевизионных передач с VI Всемирного фестиваля молодежи и студентов из Москвы в Смоленск, Киев и Минск. При ретрансляции использовались самолеты типа ЛИ-2 при высоте полета около 4000 м. В дальнейшем, в связи с большими успехами в освоении космического пространства, появилась возможность установки активных ретрансляторов на ИСЗ.

Для спутниковой ретрансляции телевизионных передач в основном используют спутники двух видов: обращающиеся на вытянутых эллиптических орбитах и обращающиеся на геостационарных орбитах.

Применение ИСЗ для телевизионного вещания в СССР началось запуском первого спутника связи типа "Молния-1" 23 апреля 1965 г. Впоследствии было запущено еще несколько ИСЗ типа "Молния". Эти спутники обращаются на вытянутых эллиптических орбитах с высотой перигея 500 км и апогея 40 тыс. км. Плоскость орбиты этих спутников наклонена относительно плоскости земного экватора на 63,4°. Согласно второму закону Кеплера движение ИСЗ на большой высоте, в области апогея, происходит медленно. В это время спутник находится над северным полушарием Земли. На малой высоте, в области перигея, когда спутник находится над южным полушарием, он движется очень быстро. Период обращения спутников "Молния" составляет 12 ч. Обслуживание всей территории СССР одним ИСЗ этого типа возможно в течение 8 часов в сутки, поэтому использование трех ИСЗ позволило обеспечить круглосуточную ретрансляцию. Бортовой передатчик ретранслятора, установленного на ИСЗ "Молния", работает на частоте 3875 МГц с выходной мощностью 40 Вт при частотной модуляции несущей частоты. Ретрансляция с использованием ИСЗ "Молния" производится по системе "Орбита". Земные приемные станции этой системы – сложные и дорогостоящие сооружения, состоящие из здания с параболической антенной диаметром 12 м. Антенна установлена на полноповоротном опорном устройстве. В связи с непрерывным движением спутника относительно земной станции антенна станции должна постоянно перемещаться, обеспечивая ориентирование на ИСЗ. Для этого антенна снабжена устройством программного и ручного наведения, а также комплексом автоматического наведения по максимуму принимаемого сигнала.

Приемное устройство земной станции "Орбита" для улучшения чувствительности содержит малошумящие охлаждаемые параметрические усилители, блоки усиления и преобразования сигналов изображения с частотной модуляции в амплитудную, блоки регенерации синхросигнала, системы подавления помех и искажений. Кроме того, имеется аппаратура для приема с ИСЗ сигналов звукового радиовещания и изображения газетных полос. Наконец, все блоки устройства обеспечены двойным резервированием с системами автоматического контроля и переключения на резерв.

Выходные сигналы телевизионной программы с земной станции "Орбита" передаются к местному телевизионному передатчику, который

обеспечивает трансляцию принятой программы для ее приема бытовыми телевизионными приемниками обычного типа с помощью также обычных индивидуальных или коллективных антенн.

Использование сложных и дорогостоящих земных станций "Орбита" в то время было целесообразно для доставки телевизионных программ в крупные населенные пункты. Строительство же таких станций в населенных пунктах с населением в несколько тысяч человек экономически нецелесообразно. В подобных условиях необходимы более простые и дешевые земные станции. Для достижения этой цели необходима повышенная мощность передатчика спутникового ретранслятора, что позволяет упростить приемное устройство земной станции, и использование ИСЗ, находящегося на геостационарной орбите, что исключает необходимость непрерывного наведения приемной антенны на ИСЗ.

Еще в 1945 г. английский инженер А. Кларк, известный впоследствии как писатель-фантаст, предложил использовать для спутников связи геостационарную орбиту с периодом обращения 24 ч, которая имеет форму окружности, лежащей в плоскости земного экватора с высотой над поверхностью земли 35 875 км. Направление вращения ИСЗ совпадает с направлением суточного вращения земли. Поэтому для земного наблюдателя спутник кажется стоящим неподвижно в определенной точке небесной полусферы. Благодаря этому значительно упрощаются земные приемные установки. Отпадает необходимость в сложной системе постоянного наведения антенны земной станции на спутник с устройством автоматического сопровождения. Благодаря неизменности расстояния до спутника значительно выше оказывается стабильность уровня входного сигнала. Отсутствует изменение частоты входного сигнала за счет эффекта Доплера. Связь через геостационарный спутник может осуществляться круглосуточно без перерывов, необходимых для перехода с одного ИСЗ на другой. Эти достоинства обусловили прекращение дальнейших запусков спутников типа "Молния" и строительство земных станций системы "Орбита". Международным комитетом регистрации частот к 1985 г. было зарегистрировано 128 систем связи через геостационарные спутники, а к 1992 г. для целей связи на геостационарные орбиты выведено еще около 200 ИСЗ. Однако использование геостационарных спутников связано и с некоторыми трудностями. Этими спутниками плохо обслуживаются приполярные области, а для выведения их на геостационарную орбиту требуется расположение космодрома на экваторе либо значительно бо́льшая мощность ракеты-носителя. Тем не менее эти недостатки окупаются простотой и дешевизной большого числа земных станций.

На основе геостационарных ИСЗ "Экран" и "Горизонт" в нашей стране созданы системы спутниковой телевизионной ретрансляции "Экран-М" и "Москва". Спутник "Экран" размещен на орбите с координатой 99° восточной долготы и оборудован двумя передатчиками, работающими на частотах 714 и 754 МГц дециметрового диапазона. Мощность передатчика достигает 200 Вт. Сигналы изображения передаются при частотной модуляции несущей с эллиптической поляризацией. Звуковое сопровождение телевизионной передачи ведется на поднесущей частоте 6,5 МГц, которая равна разносу несущих изображения и звукового сопровождения при наземном телевизионном вещании. Все это позволило существенно

упростить земные телевизионные установки. Серийно выпускается два класса приемных установок. Приемные устройства I класса повышенного качества и надежности предназначены для доставки программ телевидения к телевизионным передатчикам большой и средней мощности (местные телецентры и мощные наземные ретрансляторы). Приемные устройства II класса представляют собой упрощенные приемники частотно-модулированных колебаний и предназначены для преобразования принятых сигналов в стандартный телевизионный сигнал с амплитудной модуляцией несущей изображения и частотной модуляцией несущей звукового сопровождения. Эти устройства рассчитаны на доставку программы либо непосредственно к бытовым телевизорам по кабельной сети (в этом случае устройство является установкой коллективного телевизионного приема), либо к местным наземным ретрансляторам малой мощности.

Выпускается несколько вариантов приемных устройств II класса: станция коллективного приема программ телевидения "Экран-КР-10", станция коллективного приема "Экран-КР-1", станция спутникового телевидения "Экран" и абонентский приемник "Экран". Станция "Экран-КР-10" предназначена для обслуживания цветным телевизионным вещанием крупных поселков путем формирования стандартного телевизионного сигнала мощностью 10 Вт на частоте одного из метровых каналов с излучением сигнала в эфир для приема бытовыми телевизорами с обычными антеннами. Станция "Экран-КР-1" предназначена для обслуживания небольших населенных пунктов и отличается от станции "Экран-КР-10" выходной мощностью передатчика, которая составляет 1 Вт. Радиус действия станции "Экран-КР-10" – 6...7 км, а станции "Экран-КР-1" – 2...2,5 км. Станция спутникового телевидения "Экран" предназначена для обслуживания небольших коллективов телезрителей (метеостанций, геоэкспедиций и т. д.) и формирует стандартный телевизионный сигнал по первому или четвертому каналу уровнем напряжения 1 В для подачи через кабельную распределительную сеть на антенные входы бытовых телевизоров числом до восьми. Абонентский приемник "Экран" предназначен для подключения к бытовому телевизору и формирует стандартный телевизионный сигнал на одном из метровых каналов уровнем напряжения 40 мВ. Этот приемник содержит малошумящий дециметровый усилитель высокой частоты, преобразователь на промежуточную частоту 70 МГц, усилитель промежуточной частоты, амплитудный ограничитель, частотный детектор, с выхода которого снимается сигнал изображения и поднесущая звукового сопровождения. Они поступают в блок амплитудного модулятора. Здесь сигналы разделяются и преобразуются в стандартный телевизионный сигнал, производится восстановление постоянной составляющей, коррекция предыскажений сигнала изображения, подавляется одна из боковых полос амплитудно-модулированного сигнала изображения. Габаритные размеры абонентского приемника 440 × 240 × 165 мм, масса 5 кг, питание от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

В связи с часто возникающими вопросами следует заметить, что абонентские приемники "Экран" пока в розничную продажу не поступают, а распределяются по фондам через главные управления снабжения различных министерств и ведомств.

Некоторые радиолюбители, имеющие в своем распоряжении бытовые

телевизионные приемники, оснащенные дециметровым селектором каналов, пытаются осуществить непосредственный прием телевизионных передач от бортового ретранслятора ИСЗ "Экран", полагая, что для этого достаточно установить эффективную антенну и направить ее в точку небесной полусферы, соответствующую положению ИСЗ. При этом они упускают из виду, что чувствительность бытового телевизионного приемника недостаточна, что сигнал изображения передается со спутникового ретранслятора при частотной модуляции, а также другие особенности сигнала. Хотя, в принципе, создание радиолюбительской конструкции приемника, аналогичного абонентскому приемнику "Экран", и возможно, однако эта задача достаточно сложна и может оказаться по плечу только наиболее квалифицированному радиолюбителю, имеющему опыт постройки и налаживания соответствующей аппаратуры, при наличии у него необходимого комплекса измерительных приборов. До настоящего времени описаний и схем радиолюбительской аппаратуры подобного назначения в литературе не появлялось.

В системе спутниковой связи "Москва" задействовано пять ИСЗ типа "Горизонт", размещенных на геостационарной орбите с координатами 14° западной долготы, 53°, 80°, 90° и 140° восточной долготы, которые обеспечивают ретрансляцию программ телевидения из Останкино в различные регионы страны с временным сдвигом от двух до восьми часов. Передатчики этих ретрансляторов работают на частоте 3675 МГц при выходной мощности 40 Вт, звуковое сопровождение передается на поднесущей 7 МГц. Создана также система "Москва-Глобальная" для ретрансляции программ телевидения на страны Европы, Азии, Африки и Америки.

6.3. НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ ПРИЕМ ЧЕРЕЗ ИСЗ

Для непосредственного приема населением телевизионных программ, транслируемых через ИСЗ, необходимо, чтобы излучаемый спутниковым ретранслятором сигнал полностью соответствовал параметрам сигнала, на который рассчитаны бытовые телевизоры, т. е. диапазонам волн, способу модуляции сигналов изображения и звукового сопровождения, структуре гасящих и синхронизирующих импульсов и другим параметрам. Однако в метровом и дециметровом диапазонах, на которых работают бытовые телевизионные приемники, осуществить передачу со спутника пока оказывается невозможно, так как для этого спутник должен быть оснащен антеннами слишком больших размеров, а мощность источников питания бортового ретранслятора должна значительно превышать достижимую. Поэтому понятие непосредственного приема телевизионного вещания (НТВ) в настоящее время принято условно, а бытовой телевизор помимо установки специальной антенны должен быть оснащен дополнительным приемным и преобразующим принятый сигнал устройством.

Исходя из принятого в настоящее время понятия НТВ, к системе НТВ может быть отнесена система "Экран-М", которая позволяет с помощью высокоэффективной дециметровой антенны и абонентского приемника "Экран" принимать сигналы через ИСЗ. Однако система "Экран-М" – однопрограммная, так как в дециметровом диапазоне уже нет свободных

каналов, которые широко используются в мире для наземного телевизионного вещания. Увеличение транслируемых программ системой "Москва" также невозможно, так как весь частотный диапазон 3,6...4,2 ГГц, в котором работают спутники "Горизонт", занят спутниковыми системами телевидения и служебной связи других государств. По этим причинам для НТВ выбран диапазон частот 11,7...12,5 ГГц со средней длиной волны 2,5 см. Ширина этого диапазона составляет 800 МГц и в нем может свободно разместиться большое число телевизионных каналов. Преимущество этого диапазона и в том, что благодаря достаточно малой длине волны приемные земные антенны при сравнительно малых габаритах обладают большим коэффициентом усиления. В табл. 6.1 приводится зависимость коэффициента усиления параболической антенны, выраженного в децибелах ($K_{дБ}$), и коэффициента усиления той же антенны по напряжению (K) от диаметра параболоида.

Таблица 6.1

Зависимость коэффициента усиления антенны от диаметра

Д, м	0,6	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
$K_{дБ}$	35,3	37,3	39,8	43,3	45,8	47,7
K	58,4	73,0	97,3	146,0	194,7	243,3

Японской фирмой "Мацусита" разработана для указанного диапазона плоская приемная антенна в форме квадрата со стороной 40 см, которая по коэффициенту усиления (32 дБ) не уступает параболическим антеннам диаметром 45 см, значительно технологичнее в изготовлении и проще в установке.

Разными странами мира в настоящее время используется уже большое число геостационарных спутников с телевизионными ретрансляторами этого диапазона, которые предназначены для НТВ. Наиболее известен ИСЗ "Астра", созданный в конце 1988 г. и запущенный Объединением европейских стран в точку с координатой 19,2° восточной долготы. Ретранслятор спутника "Астра" работает в диапазоне 11,20...11,45 ГГц и транслирует передачи по 16 каналам: каждому каналу отведена определенная тематика. В нее входят спортивные, развлекательные, семейные, информационные передачи, передачи для женщин и детей, видеоклипы и художественные фильмы. Передачи ведутся на разных языках. На некоторых каналах звуковое сопровождение является стереофоническим. Выходная мощность передатчика составляет 45 Вт. Сигнал излучается с линейной поляризацией – горизонтальной или вертикальной для развязки между соседними каналами.

Типовая приемная установка НТВ для диапазона 11...12 ГГц содержит параболическую антенну диаметром 0,6...1,8 м с волноводным облучателем и поляризатором, который позволяет выбрать вид поляризации сигнала. Затем сигнал поступает на антенную головку (модуль СВЧ), которая содержит малошумящий широкополосный усилитель (МШУ), полосовой фильтр для защиты от помех по зеркальному каналу, гетеродин и смеситель, а также предварительный усилитель первой промежуточной частоты (ПУПЧ). С антенной головки сигнал первой промежуточной частоты в

диапазоне частот 950...1750 МГц подается по коаксиальному кабелю к тюнеру, расположенному в помещении около телевизора. Антенная головка и передача по кабелю сигнала промежуточной частоты позволяет избежать больших потерь, неизбежных при прохождении по кабелю сигнала высокой частоты. Напряжение питания антенной головки поступает с тюнера по тому же кабелю. В тюнере производится основное усиление сигнала в усилителе первой промежуточной частоты и его преобразование во вторую промежуточную частоту. После усиления следует демодуляция частотно-модулированного сигнала и формирование стандартного телевизионного сигнала, на который рассчитаны бытовые телевизоры. Выбор необходимого частотного канала производится соответствующей настройкой второго гетеродина – подачей необходимого напряжения на варикап. Тюнер содержит систему эффективной автоматической регулировки усиления для нормальной работы установки в различных условиях приема. Выходной сигнал тюнера на одном из метровых или дециметровых каналов подается на антенный вход телевизора. Может быть также предусмотрена возможность видео- и аудиовыхода для непосредственной подачи телевизионного сигнала изображения на вход "видео" телевизора, а сигнала звукового сопровождения на вход "звук".

На мировом рынке многочисленные фирмы предлагают широкий выбор приемных установок НТВ. Аналогичную приемную установку выпускает московский завод "Кросна". Она рассчитана на прием восьми цветных телевизионных программ с любого геостационарного спутника и предназначена для индивидуального или коллективного приема передач. В состав установки входят параболическая антенна диаметром 1,5 или 2 м с антенной головкой и тюнер. Питание установки – от сети переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность не превышает 20 Вт, габаритные размеры тюнера 400 × 250 × 50 мм, масса не более 3 кг. Пока в нашей стране с помощью приемных установок НТВ имеется возможность приема телевизионных передач с зарубежных спутниковых ретрансляторов. Однако ведется разработка отечественной спутниковой системы телевизионного вещания в диапазоне 12 ГГц, которая сможет обеспечить прием телевизионных программ на обширной территории. Ввод этой системы в эксплуатацию намечался в 1992 г. В связи с тем, что в мире идет интенсивная разработка систем телевидения высокой четкости, весьма вероятно, что в ближайшие годы системы НТВ будут переориентированы на трансляцию именно такого телевидения.

Хотя в настоящее время цены приемных установок НТВ достаточно высоки, с расширением их выпуска они неизбежно будут падать.

7. АНТЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

7.1. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРИЕМНИКА

Чувствительность телевизионного приемника – одна из главных его характеристик, которая определяет возможность дальнего приема передач. Чем меньше чувствительность, тем "дальнобойнее" приемник. Поэтому применительно к чувствительности обычно пользуются выражениями лучше-хуже вместо больше-меньше, понимая под лучшей чувствительностью такую, которая выражается ее меньшим значением. Существует несколько определений чувствительности, и во избежание путаницы всегда необходимо знать, о какой чувствительности идет речь. Приняты следующие определения: чувствительность, ограниченная усилением; чувствительность, ограниченная синхронизацией; чувствительность, ограниченная шумами.

Чувствительность, ограниченная усилением, представляет собой минимальное напряжение сигнала на антенном входе телевизионного приемника, при котором обеспечивается нормальный уровень сигнала на модулирующем электроде кинескопа. Номинальным уровнем принят размах напряжения, соответствующий уровням белого и черного на экране кинескопа.

Чувствительность, ограниченная синхронизацией, – это минимальное напряжение сигнала на антенном входе телевизора, при котором еще достигается устойчивая синхронизация генераторов развертки телевизора.

Чувствительность, ограниченная шумами, – это минимальное напряжение сигнала на антенном входе телевизора, при котором обеспечивается номинальный уровень сигнала на модулирующем электроде кинескопа при его превышении над уровнем собственных шумов на 20 дБ, т. е. в 10 раз по напряжению. Во всех случаях имеется в виду чувствительность телевизионного приемника по каналу изображения.

Видно, что чувствительность, ограниченная усилением, характеризует лишь коэффициент усиления приемно-усилительного тракта телевизора без учета качества изображения и устойчивости синхронизации. Эту чувствительность можно получить, разделив напряжение номинального уровня сигнала на модуляторе кинескопа на коэффициент усиления тракта. Поэтому чем больше коэффициент усиления, тем меньше (т. е., лучше) чувствительность, ограниченная усилением. В связи с тем, что коэффициент усиления тракта можно увеличивать неограниченно наращиванием числа усилительных каскадов, можно добиться чувствительности, ограниченной усилением, сколь угодно малой. Это приводит к наиболее распространенному заблуждению, когда в условиях дальнего приема пытаются его улучшить за счет использования различных усилительных приставок к телевизору. Но дело в том, что чувствительность, ограниченная усилением, отнюдь не характеризует возможность приема телевизионным приемником слабых

сигналов, так как не учитывает влияния его собственных шумов. Ведь элементы схемы любого каскада, особенно электронные лампы и транзисторы, создают определенный уровень собственных шумов. Шум каждого каскада усиливается последующими каскадами наравне с сигналом, поэтому наиболее сильно усиливается шум первого каскада приемника. Вот почему наиболее важен уровень шумов именно первого каскада телевизионного приемника, а шумами последующих каскадов можно пренебречь. По этой причине именно первый каскад стремятся собирать с использованием малошумящих электронных ламп и транзисторов. Если напряжение собственных шумов на выходе приемника разделить на его коэффициент усиления, получится уровень напряжения шумов, приведенных ко входу этого приемника. В связи с тем, что в основном шумит первый каскад, очевидно, что напряжение шумов, приведенное ко входу приемника, не зависит от числа каскадов и коэффициента усиления приемного тракта. Конечно, чем больше коэффициент усиления тракта, тем меньший уровень сигнала нужно подать на вход приемника, чтобы получить на его выходе нужное напряжение. Однако должно быть ясно, что при подаче на вход приемника сигнала, уровень которого меньше напряжения шумов, приведенных ко входу, такой слабый сигнал окажется забит шумами. Шумы будут усилены вместе с сигналом, и на экране телевизора вместо передаваемого изображения появятся шумы в виде хаотически мерцающих белых и черных точек. В таком случае говорят, что на экране виден "снег".

Чтобы получить изображение на экране телевизора, напряжение сигнала на входе телевизора должно превышать напряжение шумов, приведенных ко входу. Чем больше напряжение сигнала на входе телевизора по сравнению с напряжением шумов, приведенных ко входу, тем лучше будет качество изображения. Для оценки соотношения между напряжением сигнала и напряжением шумов принято брать их отношение.

Чувствительность, ограниченная шумами, как раз и учитывает наличие определенного уровня собственных шумов телевизионного приемника и характеризует его способность принимать слабые сигналы, т. е. работать в условиях дальнего приема. Чувствительность, ограниченная шумами, измеряется при отношении сигнал-шум на модуляторе кинескопа, равном 10, что соответствует 20 дБ. Напомним, что отношение двух напряжений, выраженное в децибелах, получается путем взятия десятичного логарифма этого отношения и умножением его на число 20. В связи с тем, что в телевидении кроме несущей частоты сигнала изображения передается только одна боковая полоса частот, а вторая полоса подавляется, коэффициент передачи амплитудного детектора и, стало быть, коэффициент усиления сквозного тракта для сигнала в 2 раза меньше, чем для шумов. По этой причине для получения на выходе телевизионного приемника отношения сигнал-шум, равного 10, это отношение на входе приемника должно быть вдвое больше, т. е. 20, что соответствует 26 дБ.

Указанное отношение сигнал-шум при определении чувствительности условное, так как оно соответствует очень плохому качеству изображения, при котором обеспечивается различимость лишь крупных деталей. Для получения же на экране телевизора изображения хорошего качества отношение сигнал-шум на входе должно быть не менее 40 дБ, т. е. на 14 дБ (в 5 раз) больше, чем при определении чувствительности, ограни-

ченной шумами. Это связано с тем, что максимальный уровень сигнала при негативной модуляции соответствует уровню черного, а уровень белого значительно меньше, и для получения хорошего качества изображения именно уровень белого должен быть больше уровня шумов. Поэтому, если, например, известно, что чувствительность, ограниченная шумами, для какого-то телевизора составляет 70 мкВ, подача на антенный вход этого телевизора сигнала с таким уровнем обеспечит лишь получение различимого изображения, а для получения изображения хорошего качества напряжение входного сигнала должно быть в 5 раз больше, т. е. 350 мкВ.

Сравнивая чувствительности, ограниченные шумами, для разных типов телевизора оказывается возможным выбрать такой из них, который обладает наилучшей чувствительностью и наиболее подходит для условий дальнего приема передач. Сравнение чувствительностей, ограниченных усилением, такой возможности не дает. Все разработанные после 1979 г. отечественные черно-белые и цветные телевизионные приемники в соответствии с ГОСТом должны обладать чувствительностью канала изображения, ограниченной шумами, не хуже 100 мкВ в диапазонах метровых каналов и не хуже 140 мкВ в диапазонах дециметровых каналов. Однако указанные значения предельные: фактическая чувствительность разных типов телевизоров может быть лучше.

Телевизионный сигнал, принятый антенной, как и всякий радиосигнал, подвержен замираниям (колебаниям уровня) из-за непостоянства условий распространения сигнала в атмосфере. Для компенсации таких замираний коэффициент усиления приемного тракта телевизора должен автоматически изменяться в соответствии с уровнем принятого сигнала. С этой целью телевизионный приемник должен быть оснащен автоматической регулировкой усиления (АРУ). Для нормальной работы телевизора, оснащенного системой АРУ, телевизионный приемник должен иметь запас усиления. Поэтому коэффициент усиления приемно-усилительного тракта должен быть больше того, который необходим для получения необходимой чувствительности, ограниченной шумами. Таким образом, обычно чувствительность, ограниченная усилением, оказывается меньше (лучше) чувствительности, ограниченной шумами.

Чувствительность, ограниченная синхронизацией, которая характеризуется минимальным напряжением сигнала на входе телевизора, обеспечивающим синхронизацию генераторов развертки, не учитывает необходимости наличия различимого изображения на экране телевизора или его качества. Как правило, чувствительность, ограниченная синхронизацией, представляет собой промежуточную величину: она хуже чувствительности, ограниченной усилением, и лучше чувствительности, ограниченной шумами.

Следует иметь в виду, что если не оговорено, о какой чувствительности идет речь, подразумевается чувствительность, ограниченная усилением.

У нас в стране во избежание конкуренции сложилась практика, при которой в паспортах телевизионных приемников, выпускаемых разными заводами, стали указывать чувствительность без пояснения условий ее определения. Понятно, что при этом указывалась чувствительность, ограниченная усилением, хотя потребитель заинтересован в информации о чувствительности, ограниченной шумами. В последние годы под давлением

общественности паспортные данные телевизоров стали содержать значения чувствительности, ограниченной синхронизацией.

Путаница в понятиях чувствительности часто приводит к парадоксам. У некоторых владельцев телевизоров вызывает недоумение то, что телевизор, характеризуемый в паспорте лучшей чувствительностью по сравнению с другим, фактически слабые сигналы принимает хуже. Это объясняется именно тем, что сравнивались значения чувствительности, ограниченной усилением, а не чувствительности, ограниченной шумами.

В условиях дальнего приема, когда изображение на экране телевизора получается бледным и малоконтрастным, встает вопрос о возможности улучшения чувствительности телевизионного приемника. При наличии современного телевизора улучшать чувствительность, ограниченную усилением, не имеет смысла, так как она и так достаточно мала. Если же речь идет о телевизорах устаревших марок, выпущенных до появления унифицированных моделей, такое улучшение можно считать целесообразным. Для этого достаточно увеличить коэффициент усиления приемно-усилительного тракта телевизора.

Возникает вопрос, в каких случаях следует добиваться улучшения чувствительности, ограниченной усилением, в условиях дальнего приема, а в каких это не имеет смысла. Рассмотрим следующие примеры.

Допустим, что имеется телевизионный приемник с чувствительностью, ограниченной усилением, равной 200 мкВ. Уровень входных шумов для всех телевизоров можно считать равным 5 мкВ. При подаче на вход этого телевизора сигнала напряжением 200 мкВ, равного чувствительности, на модуляторе кинескопа будет получено необходимое напряжение. Вместе с тем отношение сигнал-шум на входе составит 200:5=40. Это практически соответствует отсутствию шумов на экране. Различимое изображение, пусть даже плохого качества, что допустимо в условиях дальнего приема, можно было бы получить при меньшем уровне входного сигнала, равном 100 мкВ, при котором отношение сигнал-шум оказалось бы равным 20. Однако при уменьшении входного сигнала вдвое также вдвое уменьшится сигнал на модуляторе кинескопа, и картинка получится бледной. Если же увеличить коэффициент усиления тракта также в 2 раза, задача будет решена: при подаче на антенный вход сигнала напряжением 100 мкВ уровень выходного сигнала окажется номинальным, достаточным для получения нормальной контрастности, а отношение сигнал-шум на входе будет равно 20, так как уровень входных шумов не зависит от коэффициента усиления тракта.

В качестве другого примера возьмем телевизионный приемник более позднего выпуска, например, черно-белый унифицированный телевизор УЛПТ-61-II, чувствительность которого, ограниченная усилением, 50 мкВ. При уровне сигнала 50 мкВ и уровне входных шумов 5 мкВ отношение сигнал-шум на входе равно 10, т. е. меньше допустимого. Для получения различимого изображения придется увеличить уровень входного сигнала до 100 мкВ, но при этом напряжение сигнала на модуляторе кинескопа окажется вдвое больше номинального и контрастность изображения окажется чрезмерной. Поэтому с помощью регулятора контрастности телевизора придется также вдвое уменьшить коэффициент усиления приемно-усилительного тракта. В результате будет получено номинальное напряжение сигнала на модуляторе кинескопа и отношение сигнал-шум на

входе, равное 20. Отсюда ясно, что в этом примере увеличивать каким-либо способом коэффициент усиления нет смысла, так как одновременно пришлось бы регулятором контрастности во столько же раз его уменьшить. Таким образом, можно сделать следующий вывод: если чувствительность телевизора, ограниченная усилением, хуже 100 мкВ, можно ее улучшить за счет увеличения коэффициента усиления тракта. Дополнительное усиление определяется делением паспортной чувствительности, ограниченной усилением, на 100 мкВ. Естественно, что этот вывод справедлив только в тех случаях, когда уровень собственных шумов телевизионного приемника, приведенных ко входу, составляет 5 мкВ. При этом реально достижимая чувствительность, ограниченная шумами, равна чувствительности, ограниченной усилением, и составляет 100 мкВ.

Возможность улучшения дальнего приема за счет улучшения чувствительности, ограниченной усилением, путем увеличения коэффициента усиления тракта легко установить также экспериментально по изображению на экране телевизора: если изображение просматривается на фоне шумов (на экране виден "снег"), значит, коэффициент усиления достаточно велик и его увеличение не даст улучшения приема, если же изображение бледно и малоконтрастно даже в крайнем положении регулятора контрастности, а шумы на экране не просматриваются, можно улучшить прием за счет улучшения чувствительности, ограниченной усилением, т. е. за счет увеличения коэффициента усиления тракта.

Увеличение коэффициента усиления приемного тракта может быть достигнуто разными способами. Простейший из них – использование антенного усилителя между выходом фидера и антенным гнездом телевизора. Такие усилители выпускают у нас в стране, и они имеются в продаже. Следует, однако, помнить, что уровень собственных шумов таких антенных усилителей примерно такой же, как у телевизионных приемников. Поэтому выигрыша в чувствительности, ограниченной шумами, использование этих антенных усилителей не даст. Можно было бы улучшить чувствительность только в том случае, если бы антенный усилитель обладал уровнем собственных шумов, меньшим уровня собственных шумов телевизора за счет использования в его схеме малошумящего транзистора. Но при этом трудно получить выигрыш больше, чем на 1–2 дБ, т. е. в 1,12...1,26 раз по напряжению. Таким образом, этим путем можно улучшить чувствительность, ограниченную шумами, до 90...80 мкВ.

В ламповых телевизорах можно увеличить коэффициент усиления усилителя промежуточной частоты канала изображения за счет установки ламп с повышенным значением крутизны характеристики анодного тока. Так, вместо ламп 6Ж1П можно установить лампы 6Ж38П. Такая замена очень удобна, так как эти лампы имеют одинаковую цоколевку и не требуют каких-либо переделок в схеме. Замена ламп 6Ж1П в трехкаскадном усилителе промежуточной частоты лампами 6Ж38П увеличивает коэффициент усиления примерно в 2 раза. Возможна также установка более эффективных ламп, скажем, ламп 6Ж9П, но это требует замены ламповой панельки, и придется заново подобрать режим питания лампы.

Коэффициент усиления приемного тракта ламповых телевизоров, оснащенных блоком ПТК, можно увеличить за счет установки приставки дополнительного усиления по промежуточной частоте между выходом

блока ПТК и входом первого каскада усилителя промежуточной частоты. Для этого используется имеющийся разъем и не требуется выполнять монтажные работы. Такие приставки типа "Каскад" выпускались и подробно описаны в журнале "Радио", 1966 г., № 7, с. 28–29.

Если телевизионный приемник имеет достаточный запас усиления (чувствительность, ограниченная усилением, не превышает 50 мкВ), для улучшения изображения в условиях дальнего приема полезный эффект может дать только снижение уровня шумов, приведенных ко входу. Уменьшить уровень шумов черно-белого телевизора можно только за счет некоторого ухудшения качества изображения, что в условиях дальнего приема вполне допустимо. Для этого необходимо сузить полосу пропускания приемного тракта. Сужение полосы пропускания в 2 раза приводит к ухудшению четкости по горизонтали примерно до 250 элементов, что соответствует удовлетворительному качеству картинки, и к уменьшению уровня шумов на 3 дБ. Соответственно на 3 дБ или в 1,41 раз по напряжению улучшается чувствительность, ограниченная шумами. Сужение полосы пропускания достигается путем увеличения сопротивлений нагрузки видеодетектора и видеоусилителя в 1,5...2 раза. Можно ли улучшить чувствительность до 1...3 мкВ? Применив новейшие лампы или транзисторы, можно снизить уровень шумов до 3 мкВ и, сузив полосу пропускания в 4 раза, еще вдвое, до 1,5 мкВ. Тогда чувствительность, ограниченная шумами, составит 30 мкВ, но четкость ухудшится до 137 элементов, что соответствует уже плохо различимому изображению. Это – предел!

7.2. ПРИМЕНЕНИЕ АНТЕННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Выше уже отмечалось, что установка антенного усилителя около телевизора между фидером и антенным входом телевизионного приемника обеспечивает увеличение коэффициента усиления приемного тракта, т. е. улучшает чувствительность, ограниченную усилением. Было показано, что при использовании современных телевизоров такой метод не приводит к улучшению изображения в условиях дальнего приема, так как требуется улучшение чувствительности, ограниченной не усилением, а шумами. Антенный же усилитель, обладая примерно таким же уровнем собственных шумов, как и телевизионный приемник, не улучшает чувствительности, ограниченной шумами.

Тем не менее использование антенного усилителя в некоторых случаях позволяет улучшить прием, но для этого он должен быть установлен не около телевизора, а около антенны, на мачте между антенной и фидером или вразрыв фидера, в непосредственной близости от антенны. В чем тут разница? Дело в том, что сигнал, проходя к фидеру, претерпевает затухание, уменьшается его уровень. Затухание зависит от марки кабеля, из которого выполнен фидер. Кроме того, затухание тем больше, чем больше длина фидера и чем больше частота сигнала, т. е. номер канала, по которому принимается передача. Когда антенный усилитель установлен около телевизора, на его вход поступает сигнал, уже ослабленный прохождением по фидеру, и отношение уровня сигнала к уровню шумов на входе антенного усилителя оказывается меньше, чем если бы антенный усилитель был установлен около антенны, когда сигнал не ослаблен фидером. При этом,

конечно, проходя по фидеру, сигнал также ослабляется, но во столько же раз ослабляются и шумы. В результате отношение сигнала к уровню шумов не ухудшается.

Телевизионные кабели разных марок характеризуются зависимостью удельного затухания от частоты. Удельным затуханием коаксиального кабеля принято называть такое, которое претерпевает сигнал определенной частоты, проходя по кабелю длиной 1 м. Удельное затухание измеряется в дБ/м и приводится в справочниках в виде графических зависимостей удельного затухания от частоты или в виде таблиц. На рис. 2.1 приводятся такие кривые для некоторых марок коаксиального 75-омного кабеля. Пользуясь ими, можно подсчитать затухание сигнала в кабеле при определенной его длине на любом частотном канале метрового или дециметрового диапазона. Для этого нужно умножить полученное из рисунка значение удельного затухания на длину фидера, выраженную в метрах. В результате получится затухание сигнала в децибелах.

Наиболее распространенный тип кабеля для фидера – РК 75-4-11, удельное затухание его 0,05...0,08 дБ/м в диапазоне 1–5-го каналов, 0,12...0,15 дБ/м в диапазоне 6–12-го каналов и 0,25...0,37 дБ/м в диапазоне 21–69-го каналов. Отсюда, при длине фидера 20 м затухание сигнала в фидере на 12-м канале составит всего 3 дБ, что соответствует уменьшению напряжения сигнала в 1,41 раза, а при длине фидера 50 м затухание на 12-м канале составит 7,5 дБ (уменьшение в 2,38 раз). В дециметровом же диапазоне при длине фидера 20 м затухание окажется равным 5,0...7,4 дБ в зависимости от номера канала, что соответствует уменьшению напряжения сигнала в 1,78...2,34 раза, а при длине фидера 50 м – 12,5...18,5 дБ (уменьшение сигнала в 4,22...8,41 раза).

Таким образом, при длине фидера 50 м даже на 12-м канале сигнал, проходя по фидеру, уменьшается более чем вдвое, и отношение сигнал-шум на входе телевизора окажется уменьшенным также более чем вдвое. Если установить антенный усилитель до поступления сигнала в фидер, при этом же уровне входных шумов антенного усилителя, что и у телевизора, получится выигрыш в отношении сигнал-шум более чем вдвое. Еще более существенный выигрыш получится при бо́льшей длине фидера или при приеме сигнала в дециметровом диапазоне. Необходимый и вполне достаточный коэффициент усиления антенного усилителя должен быть равен затуханию сигнала в фидере. Использовать антенные усилители с коэффициентом усиления больше требуемого нет смысла.

Выпускается несколько типов антенных усилителей. Наибольшее распространение получили антенные усилители метрового диапазона типа УТДИ–I–III (усилитель телевизионный диапазонный индивидуальный на частоты I–III диапазонов). Они рассчитаны на все 12 каналов метрового диапазона и содержат встроенный блок питания от сети переменного тока напряжением 220 В. Конструкция усилителя позволяет устанавливать его на мачте около антенны с питанием по фидеру без прокладки дополнительных проводов. Коэффициент усиления усилителя УТДИ–I–III не менее 12 дБ (4 раза по напряжению), а уровень его собственных шумов немного меньше уровня собственных шумов черно-белых и цветных телевизионных приемников.

Если усилители УТДИ–I–III диапазонные и рассчитаны на усиление

телевизионного сигнала по любому из 12 каналов метрового диапазона, то антенные усилители типа УТКТИ (усилитель телевизионный канальный транзисторный индивидуальный) одноканальные и рассчитаны на усиление сигнала только одного, вполне определенного частотного канала метрового диапазона. Номер канала указывается после обозначения типа усилителя. Так, УТКТИ–1 означает, что усилитель рассчитан на усиление сигнала по первому частотному каналу, а УТКТИ–8 на усиление сигнала по восьмому каналу. Усилители типа УТКТИ также имеют встроенный блок питания от сети переменного тока напряжением 220 В. Коэффициент усиления УТКТИ–1 – УТКТИ–5 не менее 15 дБ, а УТКТИ–6 – УТКТИ–12 не менее 12 дБ. Уровень собственных шумов усилителей этого типа несколько меньше, чем типа УТДИ–I–III. Мощность, потребляемая от сети переменного тока УТДИ–I–III, не превышает 7 Вт, а УТКТИ – 4 Вт.

В связи с тем, что в настоящее время все более широкое распространение получает телевизионное вещание в дециметровом диапазоне, а затухание сигнала в фидере на этом диапазоне повышено, актуальным становится использование антенных усилителей, рассчитанных на этот диапазон. Например, усилителя типа УТАИ–21–41 (усилитель телевизионный антенный индивидуальный, рассчитанный на 21–41 каналы) с коэффициентом усиления не менее 14 дБ в диапазоне частот 470...638 МГц.

Ранее, несмотря на выпуск промышленных антенных усилителей, в журналах "Радио" и в сборниках "В помощь радиолюбителю" приводилось большое количество описаний и схем антенных усилителей для самостоятельного изготовления. В последние годы такие публикации стали редкими. Так, в сборнике "В помощь радиолюбителю" выпуск 101, с. 24–31 приводится очень подробное описание узкополосного антенного усилителя с перестраиваемой амплитудно-частотной характеристикой О. Пристайко и Ю. Позднякова. Настройка усилителя на один из каналов метрового диапазона осуществляется подстроечным конденсатором, полоса пропускания усилителя составляет 8 МГц, а коэффициент усиления 22...24 дБ. Питание усилителя производится постоянным напряжением 12 В. Такой усилитель имеет смысл использовать только в том случае, когда осуществляется прием передач по одному определенному каналу, так как перестраивать усилитель, установленный на мачте нет возможности.

Значительно чаще возникает потребность в широкополосном антенном усилителе, способном усилить сигналы всех телевизионных программ, принимаемых антенной. На рис. 7.1 показана принципиальная схема

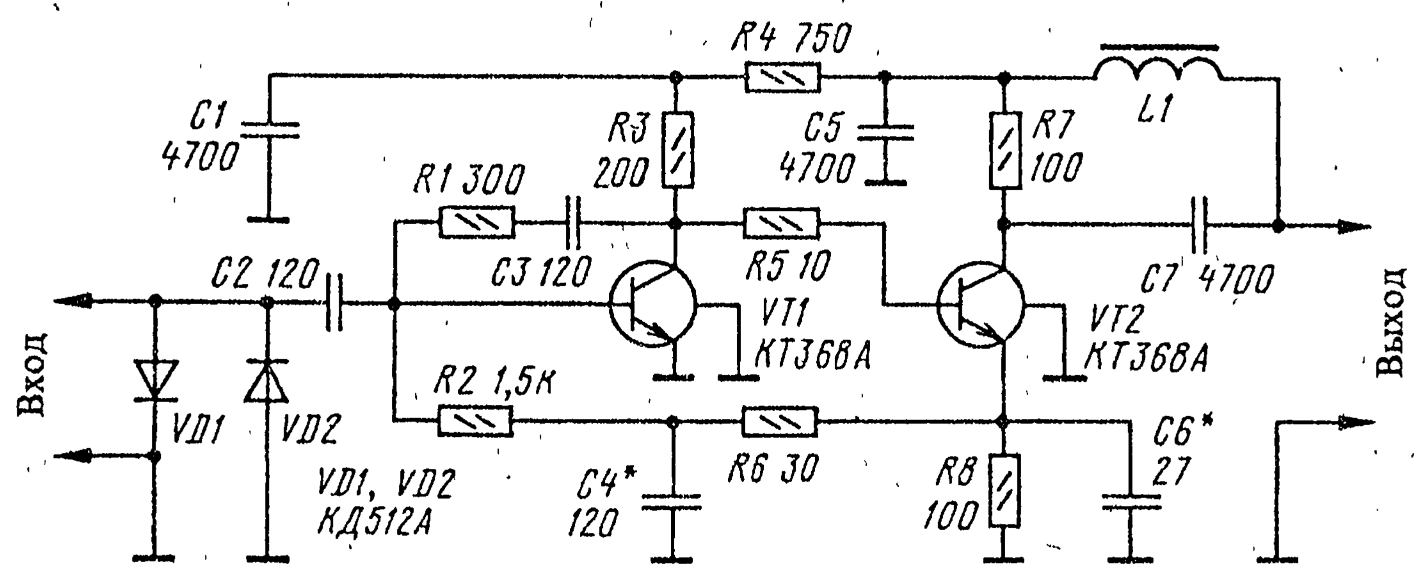


Рис. 7.1. Схема антенного усилителя МВ

антенного усилителя, рассчитанного на усиление всех 12 метровых каналов, разработанного И. Нечаевым. При напряжении 12 В коэффициент усиления составляет 25 дБ при токе потребления 18 мА. Усилитель собран на малошумящих транзисторах с коэффициентом шума около 3 дБ. Встречно-параллельно включенные диоды на входе предохраняют транзисторы усилителя от повреждения грозовыми разрядами. Оба каскада собраны по схеме с общим эмиттером. Конденсатор С6 обеспечивает коррекцию частотной характеристики усилителя в области высших частот. Для стабилизации режима транзисторов усилитель охвачен отрицательной обратной связью с эмиттера второго транзистора на базу первого. Во избежание самовозбуждения усилителя из-за паразитной обратной связи между каскадами через источник питания используется развязывающий фильтр R4, C1. Входными клеммами усилитель подключается к фидеру в непосредственной близости от антенны, где сигнал еще не ослаблен прохождением по фидеру. Выход усилителя подключается к фидеру, идущему к телевизору. По центральной жиле этой части фидера к усилителю подается питающее напряжение через дроссель L1. Через такой же дроссель к центральному проводнику антенного гнезда телевизора подводится напряжение +12 В. Сигнал с антенного гнезда в телевизоре на вход селектора каналов при этом должен подаваться через разделительный конденсатор емкостью 3000 пФ. Дроссели наматывают на ферритовых цилиндрических сердечниках диаметром 3 мм и длиной 10 мм проводом ПЭЛ или ПЭВ диаметром 0,2 мм виток к витку. Каждый дроссель содержит по 20 витков. Перед намоткой сердечник нужно обернуть двумя слоями лавсановой пленки, а после намотки витки закрепляются полистироловым лаком или эмалитом. Более подробное описание усилителя, чертеж печатной платы и размещение на ней деталей приводятся в журнале "Радио", 1992 г., № 6, с. 38–39.

Другой антенный усилитель, рассчитанный на дециметровый диапазон 470...790 МГц (21...60 каналы), предложил А. Комок. Его принципиальная схема показана на рис. 7.2. Коэффициент усиления этого усилителя в полосе

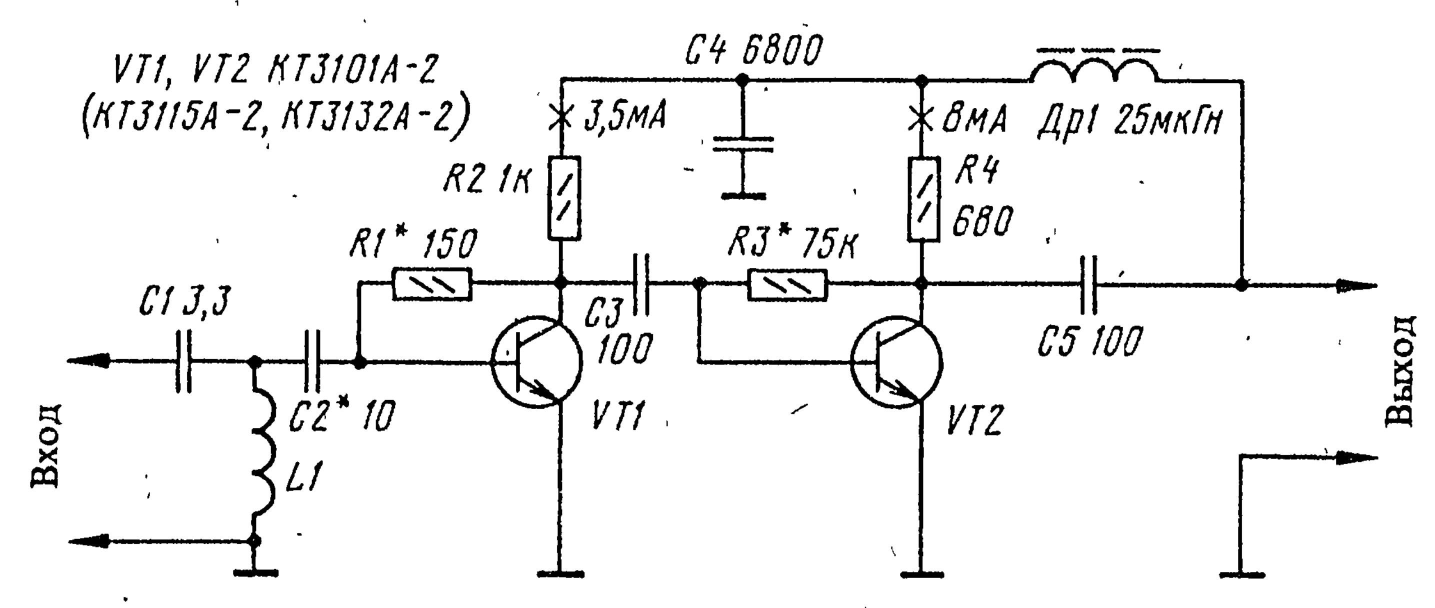


Рис. 7.2. Схема антенного усилителя ДМВ

пропускания составляет 30 дБ при питании напряжением 12 В, а ток потребления не превышает 12 мА. Оба каскада собраны по схеме с общим эмиттером на сверхвысокочастотных транзисторах с низким уровнем собственных шумов. Нижняя граница полосы пропускания усилителя

ограничена входным фильтром верхних частот, а верхняя – паразитными емкостями транзисторов и монтажа. Благодаря резисторам R1 и R3 обеспечивается температурная компенсация режима транзисторов. Катушка фильтра верхних частот L1 наматывается проводом ПЭВ-2 диаметром 0,8 мм и содержит 2,5 витка. Намотка производится на оправке диаметром 4 мм виток к витку, после чего катушка снимается с оправки. Питание, как и для усилителя Нечаева, подается по фидеру через дроссели описанной выше конструкции. Автор использовал в усилителе бескорпусные транзисторы, требующие тщательной герметизации. Можно рекомендовать также применение корпусных транзисторов КТ399А, более доступных и устойчивых при изменениях климатических условий. Подробное описание этого усилителя помещено в журнале "Радиолюбитель", 1993 г., № 5, с. 2.

Как было отмечено, основное назначение антенного усилителя – компенсация затухания сигнала в фидере. При использовании антенного усилителя чувствительность, ограниченная шумами, т. е. способность принимать слабый сигнал, определяется отношением сигнал-шум уже не на входе телевизионного приемника, а на входе антенного усилителя. Поэтому при установке антенного усилителя около антенны для получения определенного значения чувствительности, ограниченной шумами, потребуется меньший уровень входного сигнала, чем при установке его около телевизора. Таким образом, удается с лучшим качеством принимать более слабый сигнал.

Применение антенного усилителя позволяет сознательно использовать фидеры такой большой длины, которые в отсутствие усилителя ослабили бы уровень сигнала до недопустимого. Необходимость применения длинного фидера иногда возникает в условиях закрытой местности, когда телевизионный приемник располагается в ложбине и приемная антенна, установленная около дома, оказывается закрыта находящимися на пути к передатчику холмами. В то же время телевизионные антенны, установленные на расстоянии 100...200 м от этого здания, обеспечивают вполне уверенный прием с хорошим качеством изображения за счет того, что они не закрыты местной преградой. В таких условиях добиться нормального приема можно одним из двух способов: либо увеличением высоты антенной мачты, что обычно представляет собой очень трудную задачу, либо установкой антенны на открытой местности, на расстоянии 100...200 м от дома. Тогда для подключения антенны к телевизионному приемнику потребуется использование длинного фидера. Легко подсчитать, что при фидере длиной 200 м кабель марки РК 75–4–11 на частоте 12-го канала создает затухание 30 дБ, что соответствует уменьшению напряжения сигнала в 31,6 раз, который, как правило, оказывается ниже порога чувствительности телевизионного приемника. Установка антенного усилителя, обладающего хотя бы таким же усилением, на выходе антенны позволит скомпенсировать затухание сигнала в длинном фидере и обеспечить нормальную работу телевизора. Если усиления одного усилителя недостаточно, можно включить два усилителя последовательно один за другим. При этом результирующий коэффициент усиления будет равен сумме коэффициентов усиления усилителей, если они выражены в децибелах.

При очень большой длине фидера и необходимости усиления сигнала более чем на 30 дБ, когда приходится использовать два или несколько

антенных усилителей, во избежание перегрузки или самовозбуждения не следует устанавливать все усилители в одном месте. В этих условиях первый усилитель устанавливают на выходе антенны, т. е. на входе фидера, а последующие – вразрыв фидера примерно на одинаковых расстояниях один от другого. Эти расстояния выбирают так, чтобы затухание сигнала в отрезке фидера между двумя усилителями примерно равнялось коэффициенту усиления усилителя.

Из зависимостей удельного затухания от частоты для коаксиальных кабелей разных марок (рис. 2.1) можно сделать определенные выводы. Кабели марок РК 75-2-13 и РК 75-2-21 обладают достаточно большим удельным затуханием даже в метровом диапазоне волн, использовать их в дециметровом диапазоне не следует. Кабели марок РК 75-7-15, РК 75-9-13, РК 75-13-11 и РК 75-17-17 обладают меньшим удельным затуханием по сравнению с РК 75-4-11 особенно в дециметровом диапазоне. Если при длине фидера 50 м на частоте 620 МГц (39-й канал) кабель РК 75-4-11 вносит затухание 16 дБ (ослабление напряжения сигнала в 6,3 раз), то при тех же условиях кабель марки РК 75-9-13 вносит затухание 9,5 дБ (ослабление в 3 раза), а РК 75-13-11 – 7,25 дБ (ослабление в 2,3 раз). Таким образом, удачный выбор марки кабеля для фидера в дециметровом диапазоне может поднять уровень сигнала на входе телевизора в несколько раз даже без использования антенного усилителя.

Можно предложить достаточно простой совет по выбору кабеля: чем больше диаметр кабеля, тем меньшее затухание он вносит. В качестве телевизионного фидера всегда используется коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом.

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

8.1. ДЕЛИТЕЛИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

В настоящее время нередко семья располагает двумя или несколькими телевизорами, каждый из которых необходимо подключить к наружной антенне. При наличии телевизионной антенны коллективного пользования проще всего сделать заказ на подключение второго или третьего абонентского отвода от стандартной разветвительной коробки, установленной на лестничной клетке. При этом исключается взаимное влияние между телевизорами, обеспечивается хорошее согласование входного сопротивления телевизионного приемника с фидером и не уменьшается уровень сигнала на входах телевизоров. Однако это требует значительного расхода коаксиального кабеля. Если же используется индивидуальная наружная антенна, то и разветвительная коробка отсутствует. Тем не менее, разветвительную коробку можно изготовить самостоятельно.

На рис. 8.1,а приведена принципиальная схема разветвительной коробки на два отвода от абонентского кабеля коллективной антенны, а на рис. 8.1,б – на три отвода. Коробка устанавливается в удобном месте квартиры, ее вход подключается к уже имеющемуся кабелю от разветвительной коробки коллективной антенны, а выходы соединяются телевизионными кабелями с телевизорами. К каждому выходу подключается один телевизор. Если по каким-то причинам к одному из выходов телевизор не будет подключен (например, его увезли на дачу или отправили в ремонт), к штекеру, предназначенному для подключения к антенному гнезду телевизора, нужно подключить резистор сопротивлением 75 Ом. В противном случае произойдет рассогласование, и изображения на экранах других телевизоров начнут двоиться. По этой же причине не следует делать в коробке лишние отводы, а если они имеются, к каждому из них нужно подключить резистор на 75 Ом.

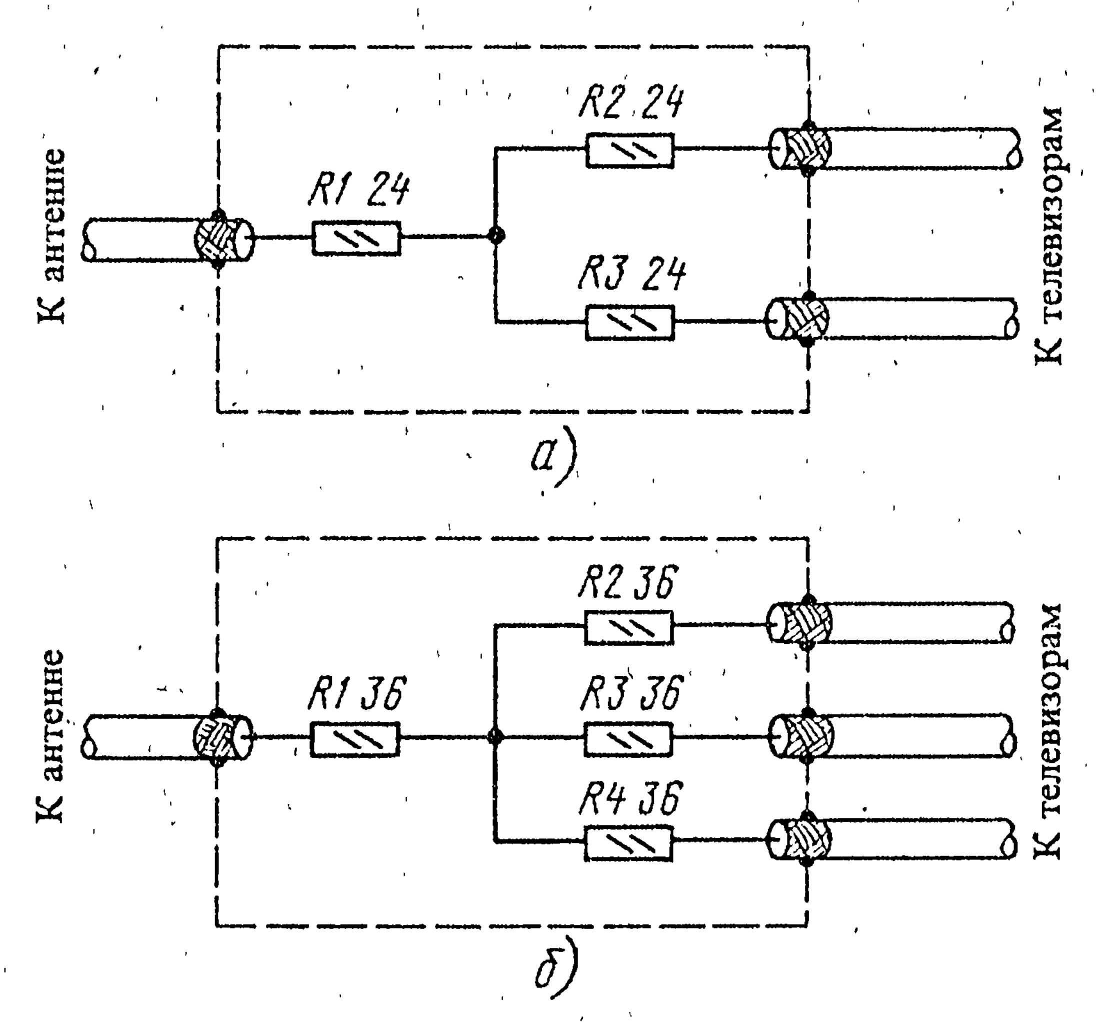


Рис. 8.1. Разветвительные коробки на резисторах

Как видно из схемы, коробка на два выхода содержит три резистора, коробка на три выхода – четыре резистора. Количество резисторов всегда будет на один больше числа выходов. Все резисторы в коробке имеют одинаковое сопротивление, которое зависит от количества выходов и определяется по формуле:

$$R = 75\frac{n-1}{n+1},$$

где n – количество выходов разветвительной коробки. Точные значения сопротивлений резисторов, найденные по этой формуле, подбирать не следует, можно взять ближайший стандартный номинал: 24 Ома для двух выходов, 36 Ом для трех, 43 Ома для четырех и т. д.

Конструкция разветвительной коробки достаточно проста. Корпус коробки выполняется из листовой меди, латуни или даже белой жести от консервной банки. Оплетки всех кабелей припаиваются к корпусу коробки, а центральные жилы – к резисторам. Резисторы могут быть типа ОМЛТ мощностью 0,25 Вт. Коробка закрывается крышкой, выполненной из того же металла, которая в нескольких точках припаивается к корпусу коробки. После этого коробка крепится к стене.

Недостатком такого способа разветвления сигнала является уменьшение напряжения сигнала на входе каждого телевизора во столько же раз, сколько аппаратов подключено к коробке, за счет потерь энергии сигнала в резисторах коробки. Обычно антенны коллективного пользования обеспечивают вполне достаточный уровень сигнала на абонентских отводах лестничной разветвительной коробки порядка 1 мВ. Поэтому при уменьшении такого напряжения сигнала в несколько раз разветвительной коробкой остается достаточный уровень для получения хорошего изображения на экране телевизора.

Часто возникает вопрос: зачем нужны резисторы в коробке, приводящие к уменьшению уровня сигнала на ее выходах. Если бы, например, антенные гнезда трех телевизоров были непосредственно подключены к фидеру, он оказался бы сильно рассогласован с нагрузкой: ведь входное сопротивление каждого телевизора по антенному входу составляет 75 Ом, входное сопротивление трех параллельно соединенных – 25 Ом или втрое меньше сопротивления, необходимого для согласования фидера. В результате значительная часть энергии сигнала отразится обратно в фидер и не попадет на вход телевизоров. Более того, при неточном согласовании фидера с антенной, что обычно неизбежно, отраженный сигнал вновь отразится от антенны и поступит на входы телевизоров с задержкой, что приведет к двоению и многоконтурности изображения. При наличии резисторов в коробке легко подсчитать, что при любом количестве отводов с подключенными к ним телевизорами, фидер остается согласован с нагрузкой.

Случается и так, что при использовании индивидуальной антенны подключенный к ней один телевизор работает хорошо, но когда к ней присоединяется разветвительная коробка с двумя или тремя телевизорами, уровень сигнала на их входах оказывается уже недостаточным, контрастность изображения на экранах становится слабой и просматриваются шумы. В таких условиях следует между антенным фидером и разветвитель-

ной коробкой включить антенный усилитель. Следует напомнить, что в том случае, когда уровень сигнала недостаточен даже для работы одного телевизора, нужно использовать более эффективную антенну, а при длинном фидере антенный усилитель должен быть установлен на мачте поблизости от антенны.

Другой вариант разветвительной коробки, аналогичной тем, которые используются в сетях антенн коллективного пользования, показан на рис. 8.2. Эту коробку можно использовать для подключения двух телевизоров к индивидуальной наружной антенне. Коробка этого типа обеспечивает согласование фидера с нагрузкой независимо от того, подключены ли к обоим выходам телевизоры, а также незначительно ослабляет сигнал на выходах относительно уровня сигнала на входе коробки. Коробка содержит две одинаковые катушки из медной голой посеребренной проволоки диаметром 1 мм. Катушки наматываются на оправке диаметром 4 мм и содержат по 3 витка. После намотки катушки снимаются с оправки и растягиваются в спираль с шагом 2 мм (расстояние между витками равно диаметру провода).

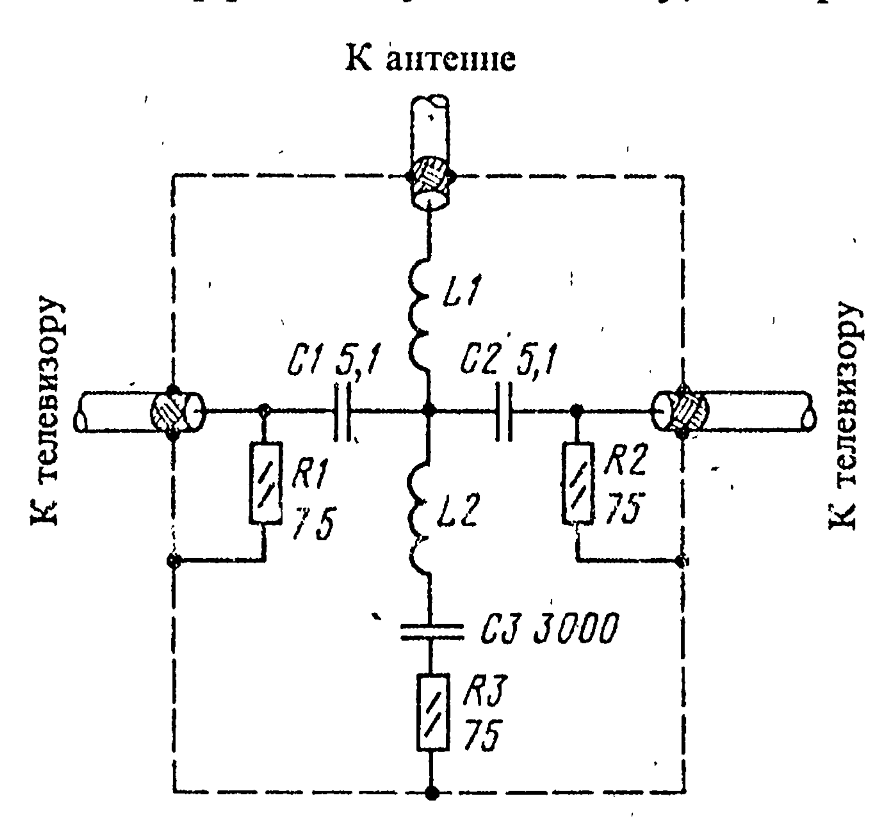


Рис. 8.2. Вариант разветвительной коробки

8.2. УСТРОЙСТВА СЛОЖЕНИЯ СИГНАЛОВ

При отсутствии телевизионной антенны коллективного пользования, особенно в сельской местности, часто возникает необходимость установки двух или нескольких раздельных антенн. Это может быть связано с необходимостью использования узкополосных одноканальных антенн для приема разных программ от одного и того же телецентра или ретранслятора, когда требуются антенны с большим коэффициентом усиления. В других случаях необходимо принимать разные программы от телевизионных передатчиков, расположенных в разных направлениях, а каждый раз заниматься поворотом антенны вручную или конструировать специальное поворотное устройство нежелательно. В таких условиях обычно от каждой антенны спускается отдельный фидер, что нецелесообразно, так как при переходе с приема одной программы на другую приходится переставлять штекеры фидеров в антенное гнездо телевизора. Установка переключателя фидеров у телевизора также не решает проблемы: не устраняется большой расход дорогостоящего кабеля, а при слабом сигнале для компенсации затухания сигнала в фидерах пришлось бы у каждой антенны устанавливать отдельный антенный усилитель. Эти проблемы могут быть решены исключительно путем объединения сигналов, принятых антеннами, с канализацией их к телевизору по одному общему фидеру. Однако, непосредственно соединять между собой разные антенны невозможно в

связи с тем, что нарушится их согласование с фидерами: сигнал, принятый одной антенной, будет разветвляться и лишь частично поступать в фидер. Другая антенна, подключенная параллельно фидеру, может представлять собой такую нагрузку, что уровень сигнала от первой антенны, поступающий в фидер, окажется недопустимо малым. Поэтому необходимо специальное устройство для сложения сигналов, которое не нарушало бы согласования антенн.

На рис. 8.3 показана схема фильтра сложения сигналов (ФСС) метрового диапазона. Назначение фильтра состоит в том, чтобы сигнал, принятый

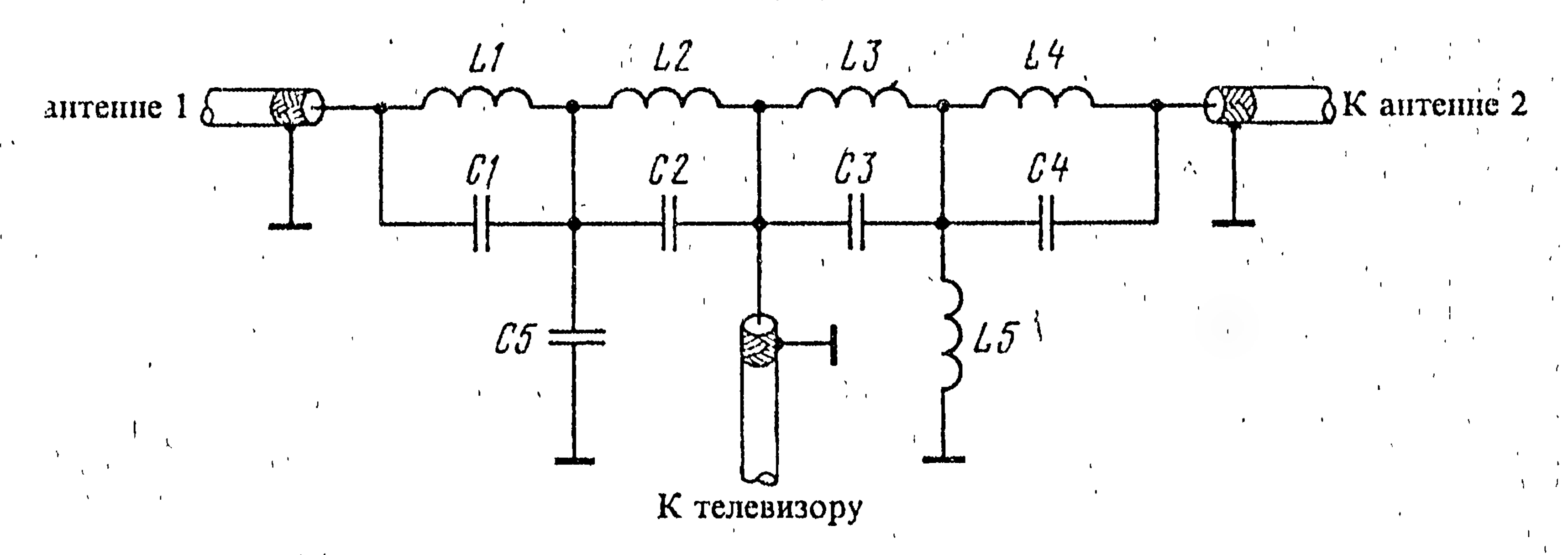


Рис. 8.3. ФСС с использованием ФНЧ и ФВЧ

антенной 1, полностью поступил в фидер и не ответвлялся в цепь антенны 2, а сигнал, принятый антенной 2, также полностью поступил в фидер и не ответвлялся в цепь антенны 1. Эта задача реализуется использованием двух фильтров. Фильтр, образованный элементами L1, C1, L2, C2 и C5, представляет собой фильтр нижних частот (ФНЧ), а фильтр, образованный элементами L3, C3, L4, C4 и L5, – фильтр верхних частот (ФВЧ). Если антенна 1 рассчитана на прием сигнала с меньшим номером канала, то есть с меньшей частотой, чем антенна 2, то сигнал от антенны 1 свободно проходит через ФНЧ и поступает в фидер, не ответвляясь в цепь антенны 2, так как ФВЧ представляет для него большое сопротивление. Аналогично, сигнал, принятый антенной 2, беспрепятственно проходит через ФВЧ и поступает в фидер, а ФНЧ, имеющий для этого сигнала большое сопротивление, не пропускает его к антенне 1. Во избежание отражения сигналов, принятых антеннами, от ФСС характеристические сопротивления обоих фильтров должны приблизительно составлять 75 Ом.

Катушки индуктивности фильтра наматываются проводом ПЭВ-2 диаметром 0,6 мм виток к витку на каркасах из полистирола или оргстекла диаметром 5 мм. Катушки L1...L4 располагаются на одном общем каркасе, расстояния между катушками должны быть не менее 8 мм. Катушка L5 наматывается на отдельном каркасе и конструктивно размещается так, чтобы ее ось была перпендикулярна оси других катушек. Количество витков катушек и емкости конденсаторов для разных комбинаций каналов приведены в таблице 8.1.

В связи с тем, что некоторые читатели могут испытать затруднения при намотке катушек, содержащих нецелое число витков, на рис. 8.4 показан способ намотки двух катушек, где катушка L1 содержит 4 витка, а катушка

L2 – 3,5 витка. При монтаже ФСС необходимо обеспечить минимальную длину соединительных проводников, особенно концов катушек.

Таблица 8.1

Номер канала антенны		Количество витков катушек			Емкость, пФ		
1	2	L1, L2	L3, L4	L5	C1, C2	C3, C4	C5
1–5	6–12	2	11	3	12	12	20
1	3	3,5	8,5	6	47	39	33
1	4	3,5	7	5	47	36	33
1	5	3,5	5	6	47	43	33
2	3	3,5	8,5	6	47	39	30
2	4	3	7	5	47	36	30
2	5	3	5	6	43	43	30
3	5	2,5	5	6	33	43	30

Рассмотренный вариант ФСС компактен и дешев в изготовлении, но страдает одним недостатком: в любительских условиях невозможно учесть паразитные емкости монтажа и индуктивности выводов катушек, конденсаторов и соединительных проводов, которые на частоте десятков и сотен мегагерц оказывают существенное влияние на работу. Поэтому добиться паспортных значений ослабления сигнала не более, чем на 1 дБ и развязки между антеннами не менее, чем на 15 дБ в любительских условиях трудно. По этой причине нельзя предложить ФСС по этой схеме, который позволил бы подключить к общему фидеру две антенны, работающие в диапазоне 6–12 каналов.

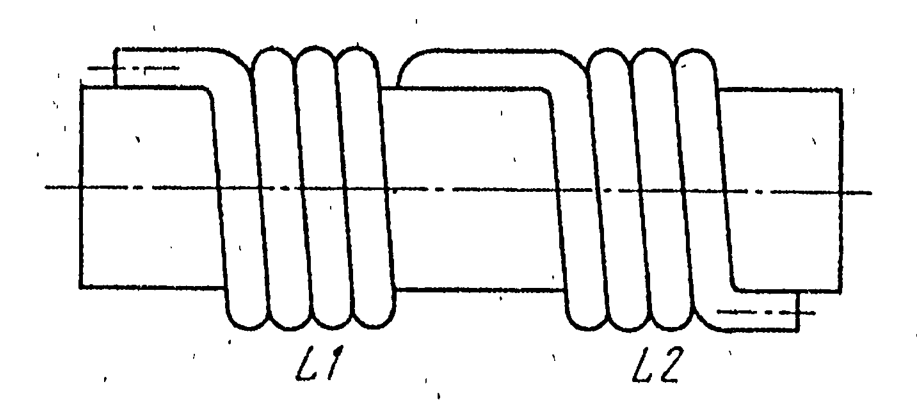


Рис. 8.4. Способ намотки катушек

Более широкими возможностями обладает ФСС, схема которого показана на рис. 8.5. Он собран из шести отрезков коаксиального кабеля той же марки, что и фидеры. Работа этого фильтра основана на трех важнейших выводах теории длинных линий:

1. Входное сопротивление линии длиной в четверть длины волны, короткозамкнутой на конце, бесконечно велико.

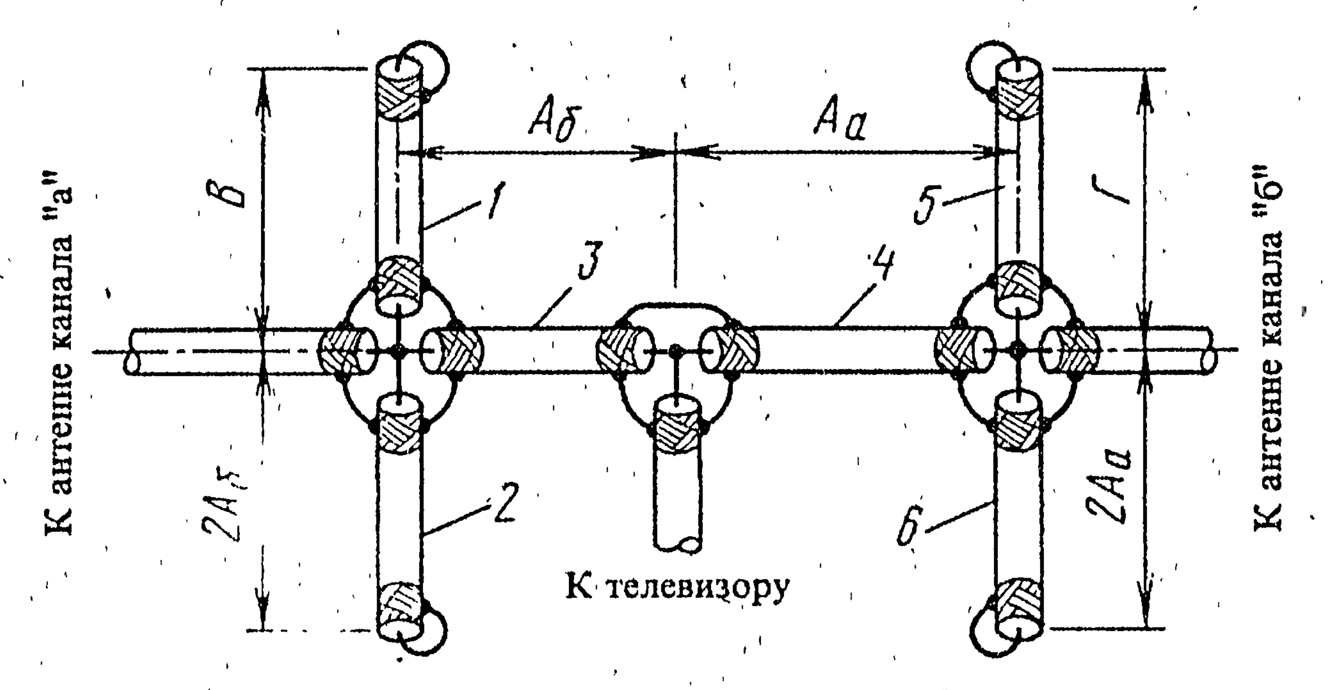


Рис. 8.5. ФСС из отрезков кабеля

2. Входное сопротивление линии длиной в половину длины волны, короткозамкнутой на конце, равно нулю.

3. Входное сопротивление линии длиной, равной целому числу полуволн, короткозамкнутой на обоих концах, относительно точек, находящихся внутри линии, бесконечно велико.

Фильтр рассчитан на подключение двух антенн: антенны с меньшим номером канала – "а" и антенны с большим номером канала – "б". Размеры отрезков кабеля выбираются следующим образом. Длина отрезка 2 равна половине длины волны в кабеле для канала "б", длина отрезка 3 – четверти длины волны в кабеле для канала "б", длина отрезка 4 – четверти длины волны в кабеле для канала "а", а длина отрезка 6 – половине длины волны в кабеле для канала "а". Длина отрезков 1 и 5 выбирается так, чтобы суммарная длина отрезков 1 и 2 составляла половину длины волны в кабеле для канала "а", а суммарная длина отрезков 5 и 6 – несколько полуволн в кабеле для канала "б".

Рассмотрим прохождение сигнала от антенны канала "а". Поступая по фидеру к точке соединения отрезков 1 и 2, сигнал свободно проходит через отрезок 3 и далее в фидер к телевизору, так как отрезки 1 и 2 в сумме имеют длину в полволны для этого канала, и их сопротивление бесконечно велико. Сигнал не ответвляется в отрезок 4 в связи с тем, что отрезок 6 для него равен половине длины волны и замыкает накоротко конец отрезка 4, а длина этого отрезка составляет четверть длины волны для канала "а", так что входное сопротивление отрезка 4 бесконечно велико. Аналогично проходит сигнал от антенны канала "б" с тем лишь различием, что в сумме длина отрезков 5 и 6 равна нескольким половинам длины волны для канала "б". Размеры отрезков 2, 3, 4 и 6 для разных каналов сведены в табл. 8.2, а размеры отрезков 1 и 5 – в табл. 8.3. Здесь выше диагонали приводятся размеры В, а ниже диагонали – Г.

Таблица 8.2

Номер канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	933	791	613	558	512	276	265	254	244	234	226	218
2A	1865	1581	1227	1116	1023	553	529	508	487	469	452	436

Таблица 8.3

В / Г		Каналы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Каналы	1		284	638	749	842	1312	1336	1357	1378	1396	1413	1429
	2	1297		354	465	558	1028	1052	1073	1094	1112	1129	1145
	3	589	873		111	204	674	698	719	740	758	775	791
	4	367	651	1005		93	563	587	608	629	647	664	680
	5	181	465	819	930		470	494	515	536	554	571	587
	6	347	78	432	543	83		–	45	66	84	101	117
	7	251	535	360	471	35	–		–	42	60	77	93
	8	167	451	297	408	501	463	–		–	39	56	72
	9	83	367	234	345	438	421	445	–		–	35	51
	10	480	295	180	291	384	385	409	430	–		–	33
	11	395	228	129	240	333	351	375	396	417	–		–
	12	315	163	81	192	285	319	343	364	385	403	–	

Приведем пример определения элементов фильтра для подключения антенны 2-го канала и антенны 7-го канала к общему фидеру. Тогда индекс "а" соответствует каналу 2, а индекс "б" – каналу 7. Из табл. 8.2 находим размеры отрезков: 2 – 529 мм, 3 – 265 мм, 4 – 791 мм, 6 – 1581 мм. Из табл. 8.3 в строке для канала 2 и столбце для канала 7 находим длину отрезка 1 (В) – 1052 мм, а в строке для канала 7 и столбце для канала 2 – длину отрезка 5 (Г) – 535 мм.

Из табл. 8.3 видно, что в диапазоне 6–12 каналов антенны соседних каналов соединять с помощью ФСС нельзя, но и в тех случаях, когда номера каналов отличаются на 2, длина некоторых отрезков оказывается малой, меньше 50 мм, а такой фильтр будет работать хуже обычного, так как погрешность длины отрезка составит значительный процент от его длины. По этой же причине не удается создать ФСС для дециметровых каналов или для сочетания метрового и дециметрового каналов. В этих случаях проблема может быть решена коммутацией антенн с помощью электромагнитного реле.

На рис. 8.6 показана схема такой коммутации двух антенн на один общий фидер. При этом реле располагается на мачте поблизости от антенн и управляется дистанционно от телевизора с помощью тумблера. Питание реле осуществляется от источника питания телевизора и подается по фидеру. Резистор R предназначен для гашения излишнего напряжения, а конденсаторы препятствуют замыканию постоянного напряжения питания реле антеннами и входной цепью телевизора, пропуская без потерь высокочастотный сигнал. В схеме используется электромагнитное реле РЭС15 паспорт РС4.591.001П2 или РС4.591.008П2. Можно также использовать реле РЭС10 паспорт РС4.524.301П2 или РС4.524.313П2, но при этом сопротивление резистора R необходимо уменьшить до 6,8 кОм.

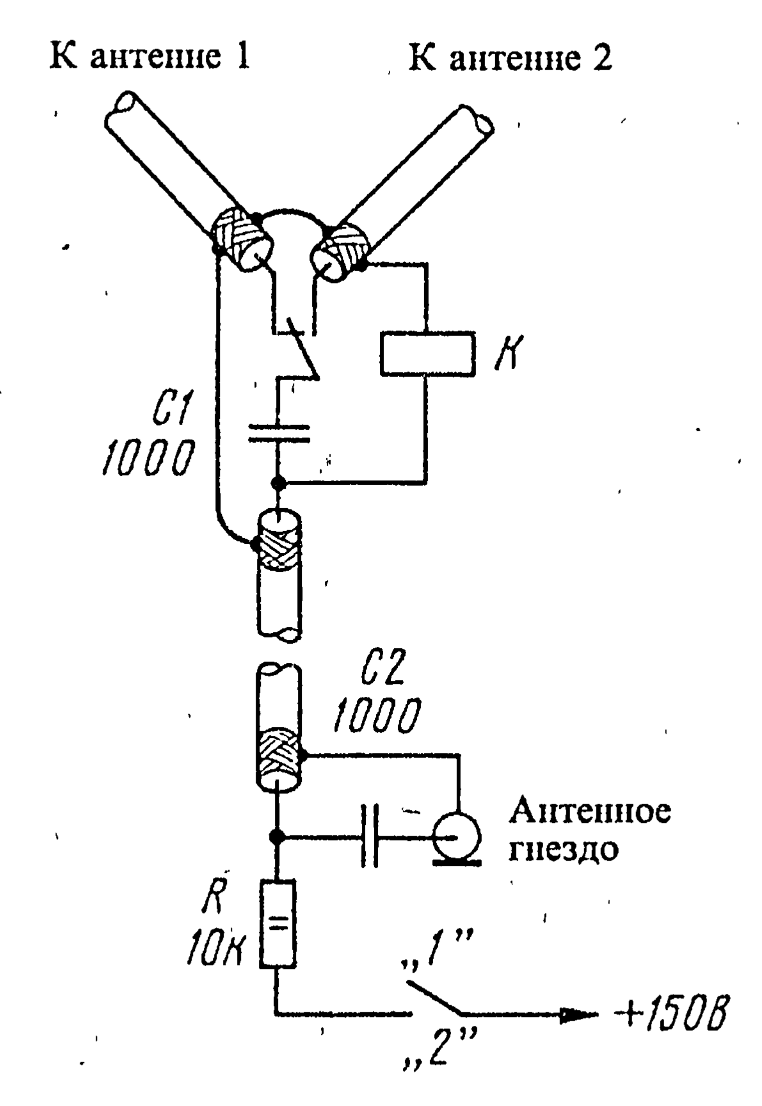


Рис. 8.6. Схема коммутации антенн

Используя схему коммутации, можно подключать к общему фидеру две раздельные дециметровые антенны или метровую и дециметровую антенны. Если же совместить схему коммутации с ФСС, можно подключить к общему фидеру три или четыре метровые антенны, а также две метровые и одну дециметровую антенны. При этом пара антенн подключается к входам ФСС, а выход ФСС – к схеме коммутации.

9. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАНИЯ

9.1. АНТЕННЫ ДЛЯ ДАЛЬНЕГО ПРИЕМА ДВ, СВ И КВ

Наиболее распространенной антенной для приема радиовещания в диапазонах ДВ, СВ и КВ является длинный вертикальный провод. Если входные клеммы радиоприемника подключить к нижнему концу такого вертикального провода и к хорошему заземлению, антенна будет представлять собой несимметричный вибратор. Диаграмма направленности такой антенны в горизонтальной плоскости получается круговой: антенна одинаково принимает со всех азимутальных направлений. В вертикальной плоскости диаграмма направленности похожа на разрезанную пополам лежащую восьмерку: максимум приема осуществляется с горизонтального направления вдоль поверхности Земли, с увеличением угла места прием ослабевает, а с направления, соответствующего зениту, отсутствует.

В теории антенн известен принцип взаимности, согласно которому все параметры приемной антенны можно определить по известным параметрам этой же антенны в режиме передачи. Тогда можно представить себе рассматриваемую антенну, как передающую, подключенную к выходу радиопередатчика. Излучение сигнала антенной происходит под воздействием тока высокой частоты, протекающего в проводе антенны. В нижней части вертикального провода антенны ток максимален, по мере продвижения вверх за счет излучения сила тока уменьшается, а на верхнем конце равна нулю. Из-за этого наиболее эффективна нижняя часть этой антенны, а самая верхняя часть практически не используется. Для повышения эффективности антенны необходимо добиться излучения не только нижней, но и верхней частью за счет более равномерного распределения тока вдоль провода. Это достигается подключением верхнего конца провода к каким-либо дополнительным проводникам, которые за счет емкости между ними и поверхностью Земли обеспечат появление тока в этой точке антенны.

Наиболее просто к верхнему концу вертикального провода антенны подключить горизонтальный провод. Такие антенны получили название Г-образных и Т-образных, если вертикальный провод подключен соответственно к концу или к середине горизонтального. Обе антенны обладают одинаковыми параметрами и свойствами, а выбор одной из них зависит исключительно от возможностей конструктивного исполнения. Горизонтальную часть антенны лучше всего выполнять из антенного канатика как можно большей длины. Концы с помощью орешковых изоляторов крепятся к каким-либо высоким предметам на местности: к стенам зданий, деревьям, дымовым трубам. Использовать в качестве опор мачты линий электропередач телеграфные столбы или столбы энергоснабжения категорически запрещается. Горизонтальная часть антенны не должна располагаться под или над проводами телефонных линий, линий радиотрансляции или электроосветительной сети, так как при случайном обрыве того или иного

провода возможна аварийная ситуация. К горизонтальной части антенны в удобном месте припаивается провод снижения – лучше всего многожильный медный провод с резиновой или пластмассовой изоляцией с хлопчатобумажной лакированной оплеткой марки БПВЛ или ЛПРГС сечением не менее 1,5 мм^2. При наличии выбора предпочтение следует отдавать проводу БПВЛ, жила которого состоит из медных луженных проволок, что удобнее для пайки. Жила провода ЛПРГС состоит из нелуженых медных проволок, поверхность которых из-за контакта с резиновой изоляцией сильно окислена и перед пайкой требует тщательной зачистки каждой проволоки жилы. Можно, конечно, использовать и другие марки провода для снижения. Внутрь здания провод снижения пропускается через специально просверленные отверстия в рамах окна, куда предварительно вставляются трубчатые фарфоровые изоляторы. Снижение не должно касаться краев крыши, иначе под воздействием ветра изоляция провода протрется и прикосновение оголенной жилы к железной крыше или выполненной из другого материала, но мокрой во время дождя, будет сопровождаться тресками в приемнике. Конец провода снижения заправляется в однополосную вилку для подключения к антенному гнезду радиоприемника.

Гнездо заземления приемника должно быть надежно присоединено к Земле. При наличии в здании водопровода его можно соединить с водопроводной трубой таким же проводом, который используется для снижения антенны. При отсутствии водопровода необходимо сделать специальное заземление. Для этого под окном выкапывается яма, желательно глубиной до уровня грунтовых вод. В яму закапывается какой-нибудь массивный металлический предмет, к которому припаивается провод заземления, насыпается один–два килограмма поваренной соли и заливается ведром воды, после чего яма закапывается. В летнее сухое время желательно время от времени поливать это место водой.

В сельской местности для защиты от грозовых разрядов необходимо снабдить снижение антенны разрядником. Он представляет собой две металлические зубчатые пластинки, расположенные зубцами одна к другой с расстоянием между остриями зубцов в 2–3 мм. Пластинки крепятся к основанию из изоляционного материала в виде пластинки оргстекла, которая устанавливается на стене. С одной зубчатой пластинкой соединяется провод заземления, с другой – провод снижения антенны. Полезно также во время грозы соединять между собой накоротко пластинки разрядника, заземляя антенну.

Часто отсутствует возможность крепления горизонтальной части антенны достаточной длины. В этих случаях можно рекомендовать установку антенны типа "Метелка". Конструкция такой антенны достаточно проста. Верхняя часть антенны выполняется в виде пучка проводов, расходящихся под углом от 45 до 90 градусов. Этот угол практически не влияет на работу антенны. Пучок собирают из 19, 37 или 61 куска голого медного провода. Длина проводов для пучка берется в пределах от 500 до 1000 мм, а диаметр провода от 1,5 до 5 мм. Чем длиннее провода, тем больше должен быть их диаметр для получения достаточной жесткости конструкции. Каждый провод правят для получения ровного и прямого куска. Один конец каждого провода зачищают на длину 50 мм и залуживают окунанием в расплавленный припой с использованием канифольного флюса.

В результате залуживания на поверхности проводов не должно быть излишков припоя. Затем все провода собирают в пучок, который должен представлять собой правильный шестигранник. Конец пучка из залуженных проводов обматывается медным луженым проводом диаметром 1,5 мм, чтобы получить бандаж шириной примерно 30 мм. Намотка ведется плотно, с натягом виток к витку. Концы бандажного провода скручивают, после чего бандаж нужно пропаять, либо погрузив его в расплавленный припой, либо паяльной лампой, так как мощности паяльника не хватит. Запаянный конец пучка крепят на фарфоровом изоляторе, который укрепляют на шесте. Свободные концы проводов пучка разводят равномерно в стороны, чтобы получить объемный конус. К бандажу припаивается провод снижения, а шест устанавливается на крыше. При этом необходимо предусмотреть, чтобы при случайном падении шеста он не коснулся каких-либо проводов. При большой длине шеста его можно крепить одним или двумя ярусами растяжек, которые изготовляются из стальной оцинкованной проволоки. Каждый ярус обычно содержит по три растяжки.

Эффективность рассмотренных антенн определяется длиной вертикальной части. Напряжение сигнала на антенном входе радиоприемника определяется произведением напряженности электромагнитного поля в точке приема на действующую высоту антенны. При наличии горизонтальной части или метелки действующей высотой антенны можно приближенно считать геометрическую длину вертикальной части. Поэтому для улучшения приема далеко расположенных радиовещательных станций необходимо стремиться к удлинению вертикальной части антенны. В отличие от телевизионных антенн, когда в условиях дальнего приема важна высота расположения антенны над поверхностью Земли, здесь имеет значение высота расположения горизонтальной части или метелки над уровнем размещения радиоприемника, так как прием осуществляется именно вертикальной частью антенны.

9.2. КОМНАТНЫЕ АНТЕННЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДВ, СВ И КВ

Порой задача приема радиопередач дальних радиостанций не ставится и вполне можно ограничиться комнатной антенной. Простейшая комнатная антенна представляет собой кусок голого или эмалированного медного провода диаметром 0,4...0,8 мм, протянутый под потолком от одной стены к другой, к которому припаян другой кусок такого же провода, подключенный к антенному гнезду приемника. При этом использовать гнездо заземления нет необходимости. Нужно заметить, что не только все современные радиовещательные приемники, но и приемники, выпущенные 10 и 20 лет назад, оснащены ферритовой магнитной антенной для приема передач в диапазонах длинных и средних волн. Многие приемники имеют ручку поворота магнитной антенны, что позволяет выбрать ее оптимальное положение, соответствующее наилучшему приему при минимуме помех. Портативные переносные приемники также оборудованы ферритовыми магнитными антеннами для работы в диапазонах ДВ и СВ, а некоторые, такие как "Украина-201" и "Меридиан-201" дополнительно магнитной антенной с ферритовым сердечником для работы в диапазоне КВ.

Помимо магнитной антенны все радиоприемники имеют гнездо для подключения наружной антенны, но если речь не идет о дальнем приеме, использование комнатной антенны не дает преимуществ перед имеющейся магнитной антенной. Дело в том, что не только комнатные, но и наружные антенны, доступные для изготовления рядовым владельцем радиоприемника, в диапазонах ДВ, СВ и КВ являются ненаправленными из-за того, что их размеры для диапазона КВ значительно меньше, а для диапазонов СВ и ДВ несоизмеримо меньше длины волны. Магнитная же антенна является направленной и, поэтому обладает пространственной избирательностью, что позволяет, поворачивая ее, ослабить уровень помех, поступающих к антенне с других направлений, и выбрать положение, соответствующее максимуму полезного сигнала. Наконец, благодаря использованию в магнитных антеннах ферритовых сердечников, их действующая высота больше, чем у комнатных антенн доступных размеров.

9.3. СУРРОГАТНЫЕ АНТЕННЫ

Достаточно хороший прием радиовещания в диапазонах ДВ, СВ и КВ достигается при использовании в городских условиях суррогатных антенн, в качестве которых можно применить трубы центрального отопления или водопровода. Хотя они обычно заземлены, их разветвленная сеть внутри здания обеспечивает наведение электромагнитным полем достаточно высокого уровня сигнала. В результате прием на такую суррогатную антенну оказывается значительно лучше, чем на комнатную. Единственный недостаток этих антенн состоит в повышенном уровне индустриальных помех из-за того, что они воспринимают излучения, возникающие при искровых разрядах от включения и выключения различных потребителей электроэнергии в здании. Подключать к радиоприемнику заземление при использовании такой антенны не требуется.

Необходимо предостеречь от использования в качестве суррогатной антенны проводов электроосветительной сети. Некоторые авторы дают такие рекомендации, предлагая подключать антенное гнездо радиоприемника к одному из проводов электросети через разделительный конденсатор, рассчитанный на рабочее напряжение не менее 250 В. Обычно действительно прием на такую антенну возможен, но не всегда. Дело в том, что некоторые радиоприемники с сетевым питанием содержат сетевой фильтр помех. Конденсаторы этого фильтра замыкают каждый провод сетевого питания на корпус приемника, что сильно ослабляет уровень наведенных сигналов в проводах электросети. Однако, главная причина, препятствующая использованию электросети в качестве антенны, заключается в опасности электрического пробоя конденсатора, который рекомендуют включать между проводом электросети и антенным гнездом приемника. При этом возможно перегорание контурных катушек в приемнике и даже поражение электрическим током при прикосновении к металлическим элементам конструкции аппарата. Об уровне помех радиоприему от такого суррогата антенны можно судить по тому, что каждое включение–выключение потребителя энергии в доме приводит к сильному щелчку, не говоря уж о электробритвах, электрических утюгах с терморегуляторами и холодильниках.

9.4. АНТЕННЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНА УКВ

Диапазон, отведенный для радиовещания на ультракоротких волнах, характеризуется теми же особенностями, что и отведенный для телевидения. Поэтому дальность приема радиопередач в этом диапазоне, как и в телевидении, определяется зоной прямой видимости и зоной полутени, в которой уровень напряженности поля значительно меньше. Отличие от приема телевизионных сигналов состоит в том, что для приема радиопередач требуется меньшая напряженность поля. Как указывалось в разделе 2.1, уровень собственных шумов телевизионного приемника составляет примерно 5 мкВ при полосе пропускания 6 МГц. Полоса пропускания радиовещательного УКВ приемника, определяющая уровень шумов, составляет всего 200 кГц, т. е. в 30 раз меньше, чем у телевизионного приемника. В связи с тем, что напряжение собственных шумов пропорционально корню квадратному из полосы пропускания, напряжение собственных шумов на входе радиоприемника УКВ в 5,5 раз меньше, чем у телевизора, т. е. менее 1 мкВ. Соответственно можно считать, что и напряженность поля для приема радиопередач может быть в 5,5 раз меньше, чем для приема телевидения. Отсюда, при одинаковых напряженностях поля для приема радиовещания требуется менее эффективная антенна, чем для приема телевидения.

За исключением приведенных соображений антенна для приема радиовещания в диапазоне УКВ ничем не отличается от телевизионной антенны. Поэтому для изготовления такой антенны можно пользоваться приведенными выше описаниями телевизионных антенн. Необходимо лишь правильно выбрать размеры элементов антенны, для чего берется среднее арифметическое из размеров каждого элемента телевизионной антенны для второго и третьего телевизионных каналов. Это связано с тем, что радиовещание осуществляется как раз в частотном промежутке между полосами частот этих двух каналов. В связи с тем, что любая телевизионная антенна рассчитана на прием широкой полосы частот телевизионного канала не менее 6 МГц, а полоса пропускания многих одноканальных телевизионных антенн даже шире, одной антенной можно принимать все радиовещательные станции, работающие в диапазоне УКВ. Если же для приема телевидения используется широкополосная антенна, рассчитанная на диапазон, включающий в себя 2-й и 3-й каналы телевидения, эта же самая антенна может служить и для приема радиовещания. Достаточно установить разветвительную коробку, один из выходов которой соединить телевизионным кабелем с антенным входом УКВ-приемника. Так же можно поступить при наличии телевизионной антенны коллективного пользования, если она рассчитана на прием 2-го и 3-го телевизионных каналов. Использование уже имеющейся телевизионной антенны для приема радиовещания в диапазоне УКВ возможно также и потому, что радиопередатчики этого диапазона территориально совмещены с телецентрами и телевизионными ретрансляторами.

При отсутствии телевизионной антенны для приема УКВ-ЧМ передач в зоне прямой видимости пригодны разрезной полуволновый вибратор (рис. 4.1) и петлевой вибратор (рис. 4.2), а в зоне полутени – трехэлементная антенна "Волновой канал" (рис. 4.3) или одинарная двухэлементная рамочная антенна (рис. 4.5). При пересчете размеров прежними остаются диаметры трубок, расстояния между концами вибраторов в точках подключения фидера и расстояние между шлейфом и фидером для рамочной антенны.

10. ГРАЖДАНСКАЯ СВЯЗЬ В ДИАПАЗОНЕ 27 МГц

10.1. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СИ-БИ РАДИОСВЯЗИ

В последние годы в нашей стране началось широкое развитие систем гражданской связи, работающих в диапазоне 27 МГц. Они давно функционируют за рубежом. В России внедрению этого вида радиосвязи положило Решение государственной комиссии по радиочастотам СССР (ГКРЧ СССР) "О выделении радиочастот для разработки и серийного производства радиоаппаратуры личного пользования, реализуемой через торговую сеть", принятое в 1988 году, и его логическое продолжение – Решение ГКРЧ России "О выделении дополнительных полос радиочастот в диапазоне 27 МГц для радиостанций личного пользования", принятое 29 августа 1994 г. Речь идет о радиостанциях личного пользования в диапазоне 27 МГц, который за рубежом называют гражданским диапазоном – Си-Би (Citizen's Band). По официальным данным, в Москве и Подмосковье уже насчитывается около 30 тысяч таких радиостанций, реальная же их численность – в два-три раза больше.

Сегодня в Российской Федерации гражданская связь становится массовым, наиболее доступным средством обмена сообщениями и информацией между людьми.

Быстрое становление гражданской связи объясняется тем, что она с первых шагов опиралась на энтузиастов, многие из которых вышли из радиолюбительского движения. Именно их силами организованы и действуют в Москве диспетчерские службы, такие, как "Полет-27", "Москва-Авто", "Крик". Пользователям Си-Би предлагаются различные информационные услуги, в том числе связь через диспетчера с абонентами Московской городской телефонной сети. Фактически сегодняшний пользователь диапазона гражданской радиосвязи располагает многими возможностями, которые раньше были доступны лишь абонентам сотовых радиотелефонных сетей.

Для того, чтобы в полной мере пользоваться возможностями гражданского диапазона, необходимо обладать не только хорошей аппаратурой и эффективными антеннами, но и соблюдать правила и самодисциплину поведения в эфире. Одно из главных правил гласит: всегда быть тактичным и не мешать радиосвязи, если в данный момент канал занят другим пользователем. Ведь частотные каналы в диапазоне 27 МГц не закреплены за какими-либо радиосетями или абонентами. Все владельцы радиостанций Си-Би имеют равные права.

Самодисциплина особенно необходима в Москве и других крупных городах, где из-за насыщенности эфира средствами персональной связи, а также высокого уровня индустриальных помех часто создается сложная электромагнитная обстановка. В связи с этим возрастает роль контроля за

работой в эфире, который ведут службы Госсвязьнадзора. Госсвязьнадзор поддерживает тесные контакты с общественностью и, в первую очередь, с массовой общественной организацией пользователей гражданского диапазона "Ассоциацией-27", которая призвана содействовать развитию и повышению культуры применения радиосредств Си-Би в широких слоях общества.

Основным документом, регламентирующим условия пользования диапазоном 27 МГц в России, сегодня является уже упомянутое выше Решение Государственной комиссии по радиочастотам при Министерстве связи Российской Федерации (Протокол № 23/2 от 29.08.94 г. – Приложение 1). Этот документ предоставляет право использования всех типов радиостанций диапазона 27 МГц как отдельным гражданам, так и юридическим лицам при наличии соответствующего разрешения Главного управления Государственного надзора за связью в Российской Федерации при Министерстве связи РФ (Главгоссвязьнадзор России). Оформление разрешений на эксплуатацию указанных радиостанций гражданами и юридическими лицами осуществляется Главгоссвязьнадзором. Практически перед покупкой аппаратуры будущий пользователь должен обратиться в местное управление Главгоссвязьнадзора для получения разрешения на приобретение радиостанции. Частным лицам старше 16 лет разрешения выдаются по месту жительства. С полученным разрешением будущий пользователь может купить радиостанцию в фирме, которая уполномочена на реализацию радиопередающих средств. Заключительный шаг – это оформление разрешения на эксплуатацию радиостанции в местном управлении Главгоссвязьнадзора с получением радиопозывного.

Для облегчения и ускорения прохождения формального этапа – получения разрешения на работу в эфире – управление Главгоссвязьнадзора в Москве делегировало ряд своих полномочий Общественной организации "Ассоциация-27", которая помогает всем желающим сделать первые шаги в гражданской связи. Здесь будущие пользователи могут заполнить соответствующие бланки, необходимые для получения разрешений на приобретение и эксплуатацию аппаратуры, а сотрудники Ассоциации обеспечивают передачу документов Главгоссвязьнадзору, получение разрешений и вручают их будущим пользователям. Перечень технических требований к радиостанциям диапазона 27 МГц приведен в таблице 10.1. В Приложении 2 публикуются все частотные радиоканалы международного Си-Би стандарта, реализованные в ряде серийно выпускаемых зарубежных радиостанций. В настоящее время на территории России разрешен радиообмен в поддиапазонах C, D. Для удобства читателей их частотные каналы сведены в таблицу 10.2.

Каналам, обозначенным звездочкой, присвоены номера не по порядку, а в национальной нумерации 56, 62, 68, 70. Их среди Си-Би пользователей называют "дырками". Каналы 23, 24 и 25 расположены не на своих порядковых местах, но здесь нет опечатки. Их частоты растут в соответствии с шагом сетки частот.

Решением ГКРЧ, при участии "Ассоциации-27", в гражданском диапазоне упорядочено использование частотных радиоканалов специального назначения. Они предназначены для передачи экстренных сообщений.

Канал № 9, C Международного стандарта (27,065 МГц) является

Таблица 10.1

Технические требования к радиостанциям диапазона 27 МГц

Наименование параметров	Значение параметров
Диапазон радиочастот	26970 – 27860 кГц
Виды модуляции	Частотная (ЧМ), амплитудная (АМ) однополосная (SSB), как с верхней (USB), так и с нижней (LSB) боковой полосой
Мощность несущей передатчика при работе с ЧМ модуляцией	Не более 10 Вт
Пиковая мощность излучения передатчика при работе с АМ и SSB модуляциями	Не более 10 Вт
Подавление несущей и боковой полосы при SSB модуляции	Не менее 40 дБ
Частотные каналы	Со 2-го по 40-й в сетке С и с 1-го по 40-й в сетке D (см. табл. 10.2). Разрешена работа как в Российском, так и в Международном частотном стандарте, каналы которого имеют частоты на 5 кГц выше
Частотный разнос между соседними каналами	10 кГц
Девиация частоты передатчика при работе с ЧМ	1,8 кГц
Полоса частот модуляции	300 – 2700 Гц
Ширина полосы излучения передатчика на уровне –30 дБ:	
– при ЧМ	Не более 9 кГц
– при АМ	Не более 10,3 кГц
– при SSB	Не более 4,3 кГц
Отклонение частоты передатчика:	
– для АМ и ЧМ	Не более 50×10^{-6}
– для SSB	Не более 50×10^{-6}
Уровень побочных излучений передатчика	Не более –40 дБ
Чувствительность приемника при отношении сигнал/шум 12 дБ	Не хуже 10 мкВ
Избирательность приемника по соседнему каналу	Не менее 40 дБ
Избирательность приемника по побочным каналам приема	Не менее 40 дБ
Интермодуляционная избирательность приемника	Не менее 40 дБ

каналом бедствия и безопасности. Он служит для передачи сообщений о пожарах, авариях, несчастных случаях, автомобильных пробках. В этом канале в Москве организовано круглосуточное дежурство операторов службы "Крик" ("Петровка"). Аналогичные службы имеются в подмосковном Зеленограде (позывной – "Зеленоград") и в Твери (позывной – "Девятка"). Занимать этот канал переговорами между корреспондентами запрещается.

В подмосковном Красногорске на канале № 3 Международного стандарта (26,985 МГц) также функционирует круглосуточная служба безопасности. На этом канале можно оперативно вызвать скорую помощь, пожарную охрану и милицию. Имеется информация об организации в Вологде в дневное время диспетчерской службы на канале № 22 Российского стандарта.

Таблица 10.2

Условная нумерация каналов и их частоты по Российскому стандарту (в МГц)

Канал	C	D	Канал	C	D
1	26,960	27,410	*	27,190	27,640
2	26,970	27,420	20	27,200	27,650
3	26,980	27,430	21	27,210	27,660
*	26,990	27,440	22	27,220	27,670
4	27,000	27,450	24	27,230	27,680
5	27,010	27,460	25	27,240	27,690
6	27,020	27,470	23	27,250	27,700
7	27,030	27,480	26	27,260	27,710
*	27,040	27,490	27	27,270	27,720
8	27,050	27,500	28	27,280	27,730
9	27,060	27,510	29	27,290	27,740
10	27,070	27,520	30	27,300	27,750
11	27,080	27,530	31	27,310	27,760
*	27,090	27,540	32	27,320	27,770
12	27,100	27,550	33	27,330	27,780
13	27,110	27,560	34	27,340	27,790
14	27,120	27,570	35	27,350	27,800
15	27,130	27,580	36	27,360	27,810
*	27,140	27,590	37	27,370	27,820
16	27,150	27,600	38	27,380	27,830
17	27,160	27,610	39	27,390	27,840
18	27,170	27,620	40	27,400	27,850
19	27,180	27,630			

1 сентября 1995 года, ко Дню Города, "Ассоциация-27" преподнесла пользователям гражданского диапазона, москвичам и жителям Подмосковья, приятный сюрприз, задействовав в канале № 19 Международного стандарта новую диспетчерскую службу с позывным "Москва-Авто". Она предназначена для информирования автомобилистов о дорожной обстановке на улицах столицы. Главное же направление в работе этой службы – оказание помощи при поломке автомобиля. Для этого созданы специальные бригады специалистов, которые по вызову прибывают на место и, по возможности, оперативно устраняют неисправность. Если устранение неисправности на месте невозможно, служба обеспечивает буксировку и ремонт автомобиля в стационаре. Водитель также может получить по радио совет о маршруте движения по Москве, по его просьбе служба может осуществить "проводку" до места назначения. "Москва-Авто" выполнит и такую услугу, как передача сообщения, адресованного любому абоненту телефонной сети, и наоборот – передача водителю по эфиру информации, принятой для него по телефону.

Круглосуточно работает в столице канал № 27 (частота 27,270 МГц, C) информационно-контактной службы. Его позывной – "Полет-27". Здесь функционирует, например, "Почтовый ящик", через который обладатель Си-Би радиостанции может узнать обо всех сообщениях, поступивших в его

адрес. Операторы "Полет-27" всегда готовы помочь пользователю отыскать в эфире нужного корреспондента; дать справку, консультацию.

В настоящее время в Москве сложилась определенная практика использования каналов поддиапазона С. Хотя она не закреплена официально, представляется разумным ее придерживаться. Так, канал № 16 Российского стандарта является вызывным: в нем нужно только вызвать требуемого корреспондента и договориться с ним о переходе на другой канал.

Канал № 20 ЧМ Российского стандарта рекомендуется использовать для дальних связей, например, с корреспондентами Подмосковья.

Пользователи радиосвязью гражданского диапазона размещены в России очень неравномерно. При высокой плотности радиостанций в Москве, Санкт-Петербурге и в других крупных городах, в небольших населенных пунктах, не говоря уж о сельской глубинке, не услышишь ни одной Си-Би станции. Тем не менее, интерес к гражданской связи растет и можно ожидать, что она в России, как более дешевая, в ближайшие годы будет бурно развиваться. Об этом говорит мировой опыт и свидетельствует статистика.

Ныне гражданская радиосвязь в диапазоне 27 МГц разрешена в большинстве стран мира, хотя законодательство и технические требования к аппаратуре могут несколько отличаться. Приведем некоторые сведения о Си-Би радиосвязи по странам мира, заимствованные из "Большого Си-Би справочника Томкэта" Тома Кнейтела (третье издание, 1992 г.).

В США радиосвязь в диапазоне 27 МГц для гражданского применения была впервые разрешена в 1957 г. Число Си-Би станций, зарегистрированных в США, быстро росло: если в 1957 г. их было около 28000, то через пять лет уже 215000. И к середине семидесятых годов в разрешенных тогда 23 каналах Си-Би диапазона уже работали десятки миллионов станций! В настоящее время число пользователей Си-Би диапазоном в США настолько велико, что Федеральная Комиссия Связи (FCC) отказалась от практики выдачи разрешений и регистрации радиостанций гражданского диапазона. Купив радиостанцию, технические характеристики которой отвечают требованиям FCC, любой гражданин может свободно выходить в эфир. Здесь выделено 40 каналов. На АМ разрешенная мощность – 4 Вт, а на SSB – 12 Вт.

В Австралии операторы Си-Би станций работают в 40 каналах Международного частотного стандарта на АМ и SSB. Канал № 9 используется аварийной службой, канал № 8 – вызывной для автомобилистов, № 11 – общий вызывной.

В Великобритании пользователям гражданского диапазона выделены 40 стандартных каналов FM и 40 каналов АМ.

Венгрия предоставила своим пользователям 40 каналов на АМ, FM, SSB. На АМ и FM разрешено 4 Вт, на SSB – 12 Вт.

Значительно меньшими мощностями довольствуются в Германии: здесь в 40 каналах на FM разрешено 4 Вт, в 12 каналах на АМ – 1 Вт, 22 каналах на FM – 0,5 Вт, в 12 каналах на АМ, FM – 0,5 Вт и 12 каналов на АМ – 0,5 Вт.

Значительно отличается использование Си-Би связей в Италии. Здесь на 40 каналах работают с допустимой мощностью до 40 Вт, причем 34 канала на АМ, FM, SSB предназначены для деловых пользователей.

10.2. ДАЛЬНОСТЬ РАДИОСВЯЗИ

Можно указать целый комплекс факторов, влияющих на дальность и надежность связи в Си-Би диапазоне.

В первую очередь дальность связи, как и в телевидении, определяется максимальным расстоянием прямой видимости (рис. 10.1), которое зависит

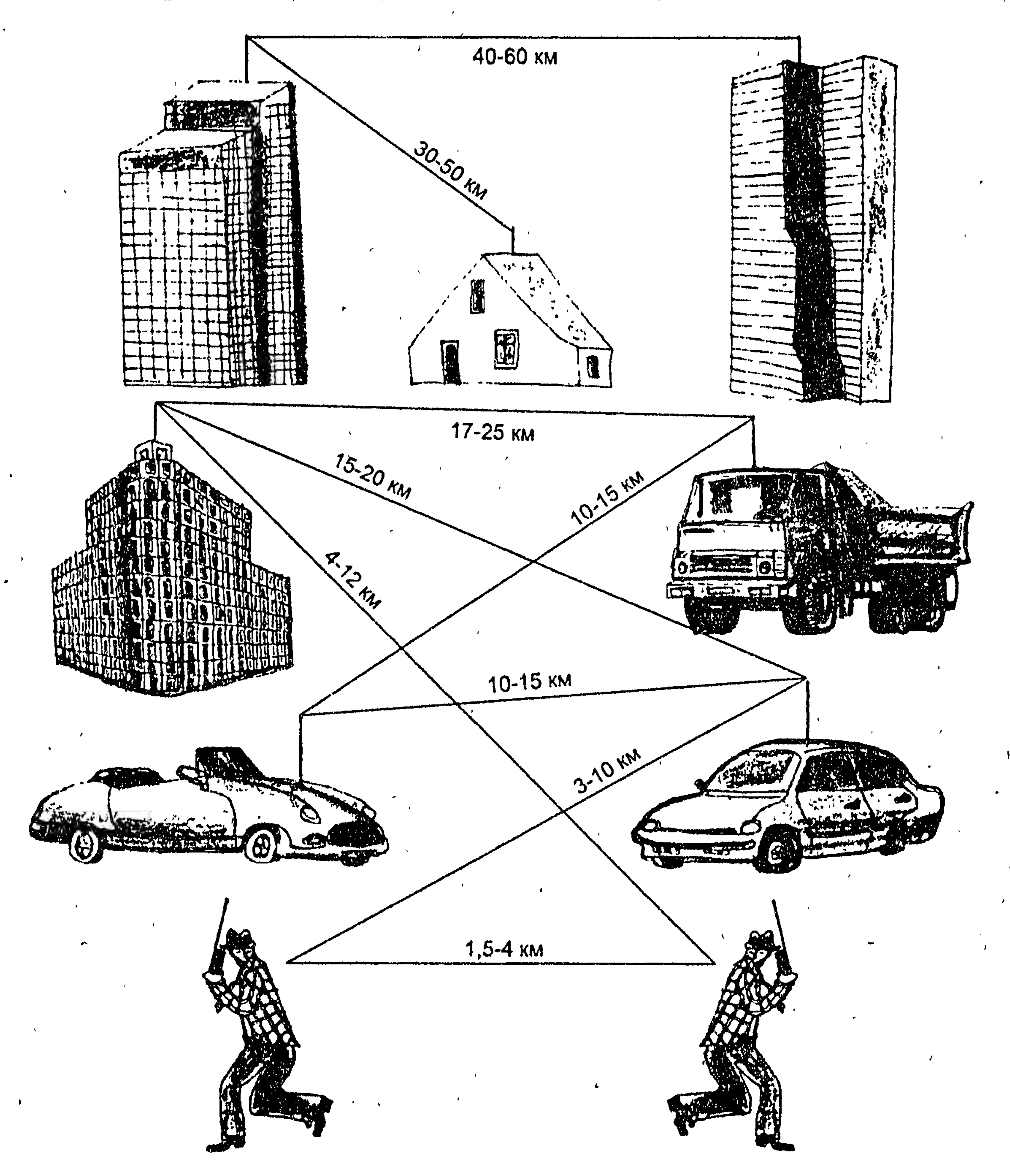


Рис. 10.1. К вопросу о дальности радиосвязи

от высоты расположения передающей и приемной антенн над поверхностью Земли:

$$D = 3,57(\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

где D – максимальная дальность прямой видимости, км; Н – высота передающей антенны, м; h – высота приемной антенны, м.

В связи с тем, что длина волны в Си-Би диапазоне почти вдвое больше, чем в длинноволновом участке телевизионного диапазона, заметнее

сказываются явления дифракции и тропосферной рефракции, благодаря чему зона радиовидимости простирается несколько дальше:

$$D = 4,11(\sqrt{H} + \sqrt{h}).$$

Так, при установке передающей антенны на крыше 9-этажного дома ($H = 30$ м), а приемной антенны – на даче ($h = 10$ м) дальность связи оказывается равной 35,5 км.

Вторым по важности фактором, определяющим дальность связи, является выбор антенны, которая характеризуется своей эффективностью – шириной главного лепестка диаграммы направленности или коэффициентом усиления, а также тем, насколько этот лепесток прижат к линии горизонта в вертикальной плоскости. Следует отметить, что многообещающие характеристики некоторых антенн не реализуются сами по себе. Владельцу радиостанции следует соблюсти целый ряд требований (именно этот набор "ноу-хау" отличает специалиста от начинающего), специфичных для конкретных типов антенн. К ним относятся надежное заземление, максимальная высота установки автомобильных антенн, выбор материала и длины мачты, согласование и симметрирование антенны и др. Поскольку высота мачты, несущей антенну вашей радиостанции, ограничена реалиями окружающей действительности, выбор антенны зачастую приобретает решающее значение.

Значительное влияние на дальность связи оказывает мощность передатчика. Максимальная разрешенная мощность передатчика в Си-Би диапазоне составляет 10 Вт. Такое ограничение объясняется опасностью взаимных помех между радиостанциями, а также созданием помех телевидению и радиовещанию из-за внеполосных излучений радиопередатчиков. Начинающие Си-Би пользователи иногда думают: если при мощности передатчика 4 Вт они связались на расстоянии 20 км, то при мощности 100 Вт гарантируется связь на расстоянии 100 км. Это – заблуждение! Если в зоне радиовидимости увеличение расстояния в 2 раза приводит к уменьшению уровня сигнала в 4 раза, то за границей этой зоны затухание сигнала возрастает значительно сильнее. Более подробно этот вопрос рассмотрен в разделе 1.3 настоящей книги.

Трудно переоценить влияние на дальность связи марки кабеля, которым радиостанция соединяется с антенной. Основным фактором здесь является удельное затухание, которое для разных марок кабеля различно. Опытные радиолюбители предпочитают кабель с наименьшим удельным затуханием, что особенно важно при его длине в десятки метров. Аппаратура Си-Би обычно выпускается для работы на кабель с волновым сопротивлением 50 Ом. Для 50-омных кабелей со сплошной полиэтиленовой изоляцией удельное затухание на частоте 27 МГц можно оценить с помощью табл. 10.3.

Таблица 10.3

Удельное затухание кабеля на частоте 27 МГц

Диаметр изоляции D, мм	5	10	20	30
Затухание, дБ/м	0,03–0,05	0,015–0,03	0,01–0,02	0,007–0,015

При покупке кабеля для радиостанции часто не известна его марка, однако, приведенная таблица позволяет оценить его удельное затухание, а волновое сопротивление можно определить, разделив диаметр внутренней изоляции на диаметр центральной жилы так, как рекомендуется в разделе 2.2.

Наконец, дальность связи зависит от вида используемой модуляции. Обычный модулированный сигнал содержит несущую частоту и две боковые полосы. Несущая частота не несет никакой информации о передаваемом сообщении, которая распределена поровну между двумя боковыми полосами. Поэтому излучаемая передатчиком мощность бесполезно тратится на излучение несущей частоты, а наличие двух боковых полос соответствует избыточности информации. Если в передатчике подавить несущую частоту и одну боковую полосу, в другой можно сосредоточить всю разрешенную мощность. Кроме того, для приема одной боковой полосы частот можно вдвое сузить полосу пропускания приемника, что сопровождается уменьшением уровня его собственных шумов и улучшением чувствительности. При однополосной модуляции (SSB) эффективная излучаемая мощность возрастает на 9 дБ, т. е. в 8 раз. Таким образом, однополосный передатчик мощностью 4 Вт эквивалентен двухполосному с несущей мощностью 32 Вт. Дальность уверенной связи при работе SSB возрастает на 50–75 %.

Кроме упомянутых факторов нельзя недооценивать значение согласования антенны с фидером и фидера с радиостанцией. При идеальном согласовании вся энергия передатчика передается фидером в антенну и вся принятая антенной энергия сигнала передается фидером на вход приемника. Для согласования волновое сопротивление фидера должно быть равно входным сопротивлениям антенны и радиостанции. При рассогласовании часть энергии передатчика отражается от фидера, а та часть, которая поступает в фидер, отражается от антенны. В режиме приема часть энергии сигнала, принятого антенной, отражается от фидера, а та часть, которая поступает в фидер, отражается от радиостанции. В фидере помимо прямой волны возникает отраженная, вместо "бегущей волны" возникает "стоячая волна". Степень рассогласования количественно характеризуется либо коэффициентом стоячей волны КСВ, либо коэффициентом бегущей волны КБВ, произведение которых равно единице. Чем лучше согласование, тем меньше КСВ и больше КБВ. Признаком идеального согласования является равенство КСВ = КБВ = 1, хотя при КСВ < 1,5 дополнительные потери оказываются достаточно малы.

Приведенные выше рекомендации и оценки факторов, влияющих на дальность связи относятся к связи поверхностной волной, распространение которой слабо зависит от времени суток, года и состояния солнечной активности. По нашим наблюдениям достаточно уверенная связь поверхностной волной в Си-Би диапазоне даже при благоприятных условиях ограничивается расстоянием в 75 км. Для увеличения дальности следует использовать высокорасположенные узконаправленные антенны, однополосную модуляцию, фидер минимальной длины из кабеля с малым удельным затуханием.

На дальность распространения радиоволн Си-Би диапазона влияет также явление тропосферной рефракции (преломления). Показатель преломления тропосферы обычно убывает с высотой, что приводит к некоторому

искривлению радиолуча. При этом он отклоняется к земле, огибая ее выпуклость, что ведет к увеличению дальности связи. Предельная дальность связи Си-Би станций, соответствующих требованиям стандартов, даже с учетом рефракции, не может превышать 250 км. Поэтому, если Вы принимаете сигнал более удаленной станции, можете быть уверены, что он достиг вашего приемника, отразившись от ионосферы. Этот эффект называют ионосферным отражением, или "дальним прохождением радиоволн", а на сленге радиолюбителей "проходом". Отражение зависит от степени ионизации слоев ионосферы, поэтому сильно меняется с периодами солнечной активности (11-летний цикл), временами года и временем суток. Главное свойство отражения в Си-Би диапазоне – непредсказуемость дальней связи. Летом активность дальнего прохождения выше, чем зимой. По утрам более вероятно услышать дальние станции с восточных направлений, а вечером – с западных, хотя нередки и исключения. В периоды активного солнца дальние станции могут быть слышны в течение целых суток. Дальность связи при этом может быть от нескольких сотен до нескольких тысяч км, а сигналы дальних станций могут быть очень сильными.

К сожалению, в периоды "прохождения" сильно затрудняются ближние связи поверхностной волной, т. к. сигналы местных станций тонут в грохоте эфира и сигналах от дальних станций. Именно это обстоятельство послужило в пользу Российского стандарта в момент принятия самого первого постановления ГКРЧ, легализовавшего радиосвязь на частотах диапазона 27 МГц. Смещение российских каналов относительно международных позволило на некоторое время защитить россиян от прохождения радиосигналов из насыщенной Си-Би электроникой Западной Европы. За прошедшие годы разногласия между приверженцами стандартов постепенно сокращались за счет активного насыщения аппаратурой территорий бывшего СССР, в том числе Урала, Западной Сибири, Дальнего Востока. Вполне вероятно, что в результате роста популярности Си-Би диапазона пользователи российского стандарта окажутся столь же уязвимы, как их западные коллеги. В июне–июле 1995 г. в ходе эксперимента, в котором состоялось около 10 тысяч радиоконтактов, выяснилось, что использование российского стандарта (по крайней мере в канале 27) предпочтительнее.

10.3. БАЗОВЫЕ АНТЕННЫ

Среди радиолюбителей известен афоризм: "Лучший усилитель – хорошая антенна", и это справедливо. Антенна в отличие от усилителя мощности передатчика обеспечивает выигрыш как при передаче, так и при приеме. Нет смысла увеличивать мощность передатчика, если из-за малоэффективной антенны ответ корреспондента не будет услышан. От диаграммы направленности антенны зависит как уровень сигнала, так и уровень помех, поступающих на входе приемника. Все существующие антенны можно разделить на две группы: ненаправленные антенны, обладающие круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, и направленные антенны, имеющие более или менее узкую диаграмму направленности в определенном направлении. В зависимости от назначения базовая антенна может относиться к первой или второй группе.

Если она предназначена для связи с разными корреспондентами или с подвижными объектами, требуется ненаправленная антенна. Если же назначение антенны состоит в осуществлении связи с постоянным неподвижным объектом (например, связь между домом и дачным участком), используется узконаправленная антенна. Такие антенны обладают пространственной избирательностью. В режиме передачи узконаправленная антенна концентрирует излучаемую энергию в определенном направлении, а в режиме приема избавляет приемник от поступления помех с других направлений.

10.3.1. Антенны с круговой диаграммой направленности

В Си-Би диапазоне наибольшее распространение получили антенны с вертикальной поляризацией. Это связано с тем, что Си-Би радиостанции широко используются для связи с подвижными объектами, а на автомобиле весьма сложно разместить эффективную антенну горизонтальной поляризации. По той же причине в качестве базовых выбираются антенны с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, одинаково хорошо работающие в любом направлении.

Наиболее широкое применение в этой группе получили антенны типа "Ground Plane" или сокращенно – "GP", показанные на рис. 10.2. Антенна

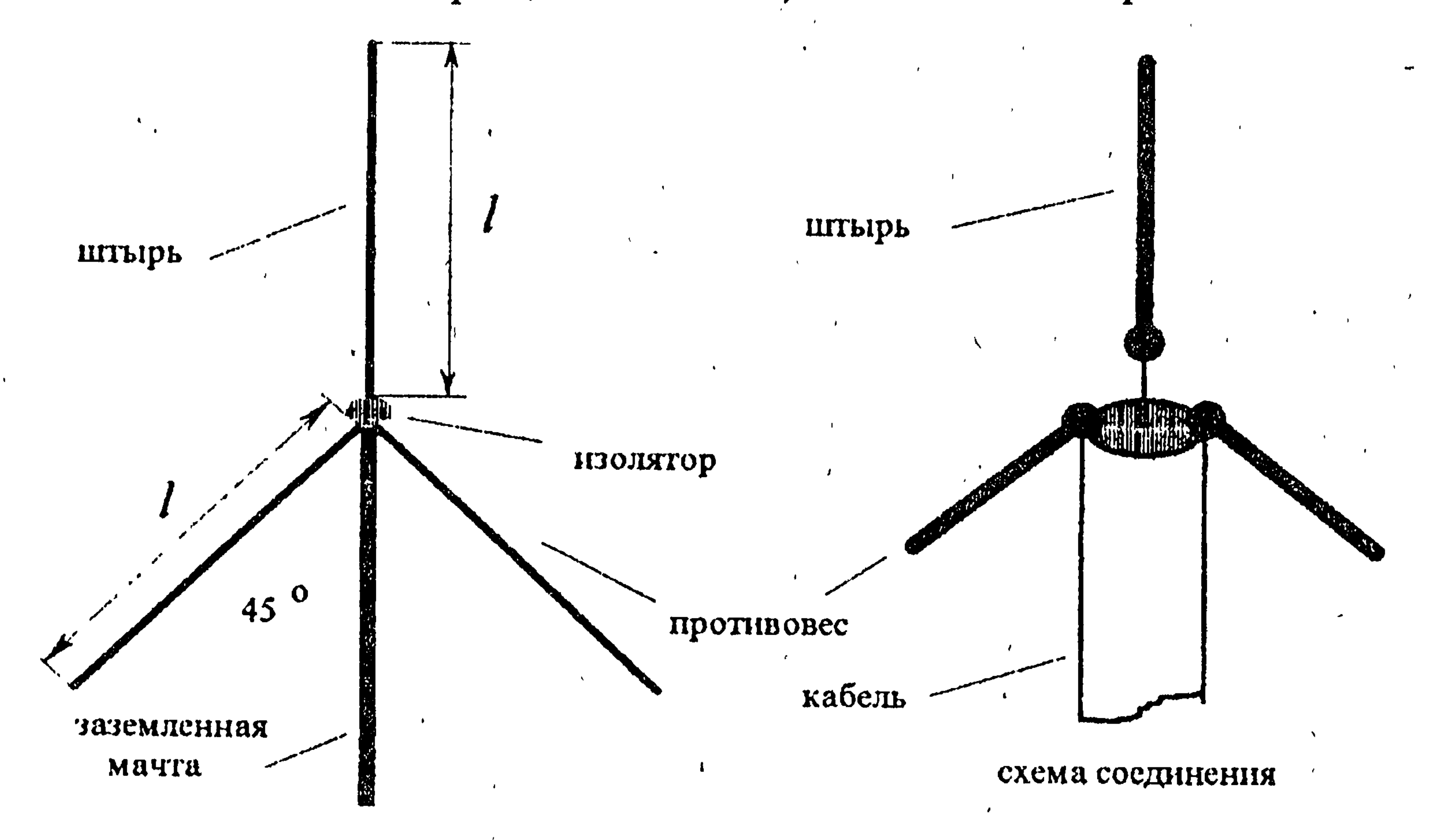


Рис. 10.2. Конструкция антенны GP

имеет штыревую конструкцию, удобную для размещения как на крыше здания, так и на автомобиле. Она проста и, в то же время, достаточно эффективна. Длина штырей ($\lambda/4$) для работы в диапазоне 27 МГц зависит от диаметра трубок и указана в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Длина элементов антенны GP

Диаметр трубок, мм	2	6	20	40
Длина штырей l, мм	2690	2670	2650	2620

Для нормальной работы антенны она снабжается тремя противовесами, которые можно выполнить из трубки или антенного канатика. Длина противовесов выбирается равной, или на 2,5 % больше $\lambda/4$. Для Си-Би диапазона можно принять ее равной 275 см. Входное сопротивление антенны зависит от угла между противовесами и мачтой: чем меньше этот угол (противовесы прижаты к мачте), тем больше сопротивление. Для получения входного сопротивления 50 Ом угол выбирается равным 30–45 градусов. Диаграмма направленности в вертикальной плоскости имеет максимум под углом 30 градусов к горизонту. Усиление антенны примерно равно усилению вертикального полуволнового диполя. Наилучшая работа обеспечивается при высоте мачты около 6 м.

Эта антенна наиболее широкополосна из всех вариантов GP. Если после установки минимум КСВ антенны оказывается несколько выше или ниже частоты 20 канала сетки С, длину штыря необходимо соответственно увеличить или уменьшить. После настройки антенны в резонанс минимума КСВ на средней частоте добиваются изменением угла установки противовесов.

Недостатком данной конструкции является отсутствие соединения штыря с мачтой, что требует дополнительных мер по грозозащите и защите от статического электричества. Наиболее простым способом защиты является использование короткозамкнутого шлейфа из кабеля длиной $\lambda/4$, подключенного к фидеру с помощью тройника. Шлейф обеспечивает соединение центральной жилы фидера с заземленной оплеткой по постоянному току и не влияет на согласование антенны. Схема подключения шлейфа приведена на рис. 10.3.

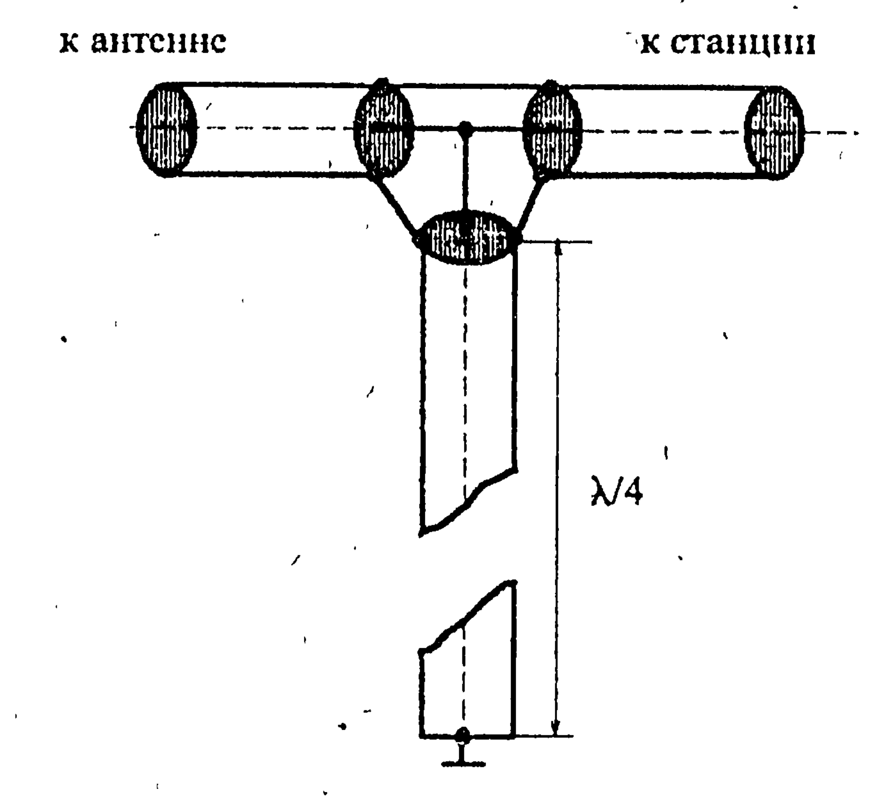


Рис. 10.3. Включение короткозамкнутого шлейфа

Длина шлейфа рассчитывается с учетом коэффициента укорочения используемого кабеля и составляет около 2 м.

На рис. 10.4 приведена конструкция полуволновой антенны GP длиной $\lambda/2$. По сравнению с вышеописанной антенной она имеет вдвое большую длину штыря, что предъявляет повышенные требования к обеспечению ветровой прочности конструкции. Антенна не нуждается в противовесах, роль которых выполняет мачта, а ее диаграмма направленности в вертикальной плоскости сильнее прижата к горизонту, что улучшает условия радиообмена с удаленными корреспондентами. Поскольку антенна имеет высокое входное сопротивление, кабель подключается к ней через согласующий высокочастотный трансформатор. Основание штыря соединяется с заземленной мачтой через согласующий трансформатор, что автоматически решает проблемы грозозащиты и статики. Усиление антенны по сравнению с полуволновым диполем составляет около 4 дБ.

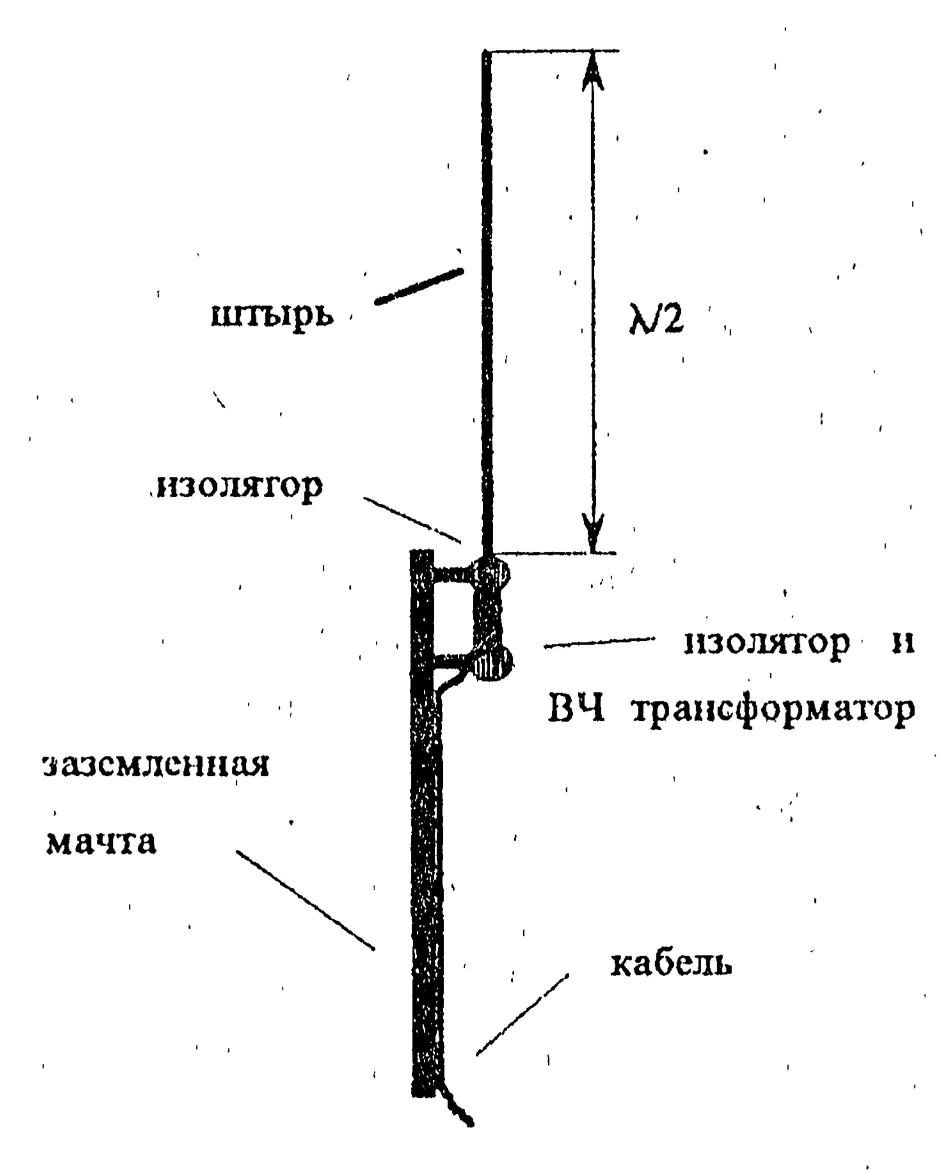


Рис. 10.4. Полуволновая антенна

Наиболее эффективной для дальних связей является GP длиной 5/8λ. Ее конструкция показана на рис. 10.5. Она несколько длиннее полуволновой антенны, а кабель фидера подключается к согласующей индуктивности, расположенной в основании вибратора. Этот тип антенны требует использования не менее трех противовесов длиной (0,1–0,2)λ, расположенных в горизонтальной плоскости. Антенны этого типа узкополоснее полуволновых, в связи с чем они требуют более тщательной настройки. Настройку на средней частоте обеспечивают как изменением длины штыря, так и регулировкой величины согласующей индуктивности. Нужное входное сопротивление достигается вы-

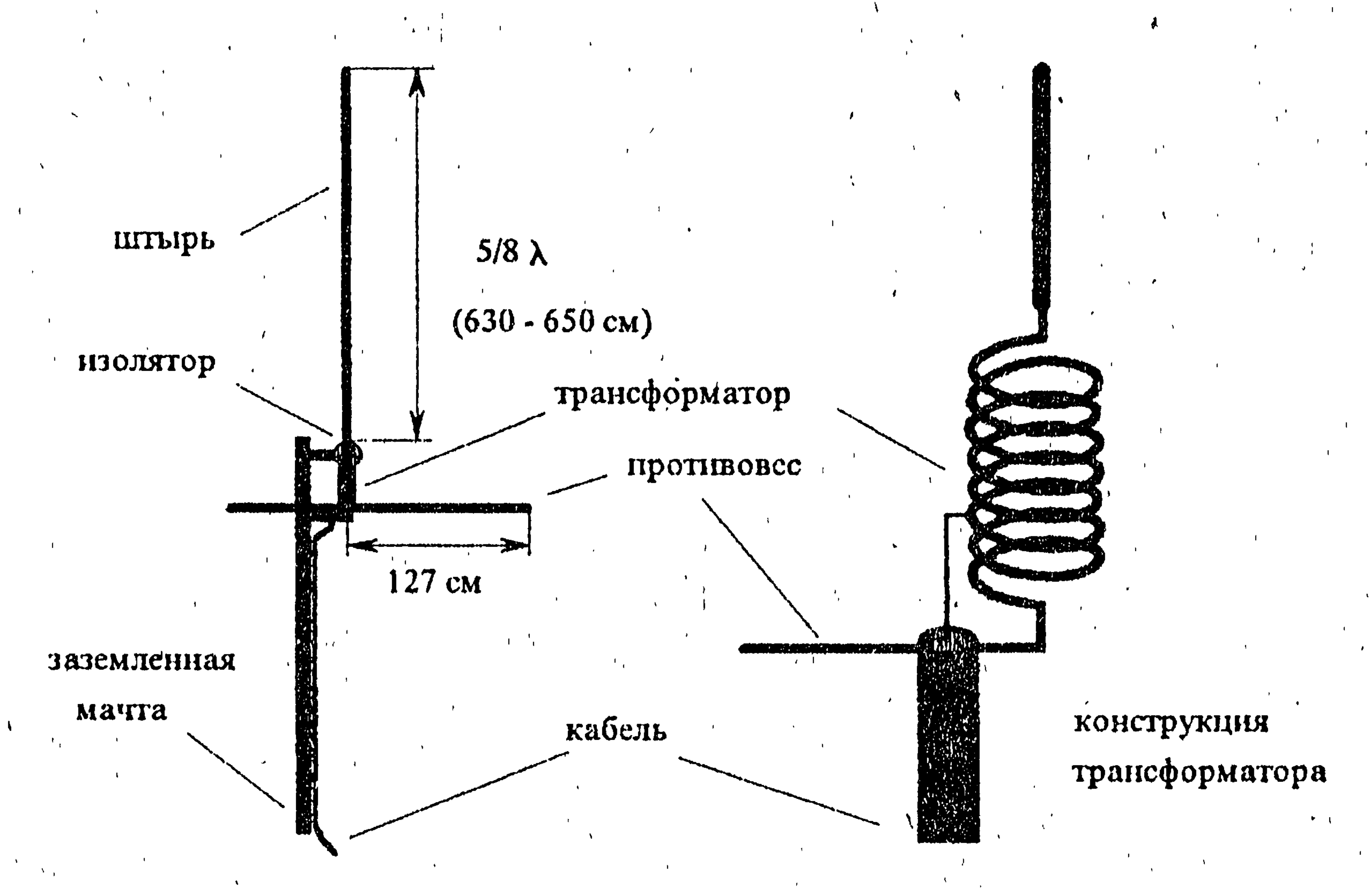


Рис. 10.5. Антенна GP длиной 5/8 λ

бором точки подключения кабеля к согласующей катушке. Усиление этой антенны составляет 5–6 дБ, максимум диаграммы направленности расположен под углом 15 градусов к горизонту. Штырь этой конструкции также заземлен на мачту через согласующую катушку. Примерные данные согласующей катушки для волнового сопротивления кабеля 50 Ом: диаметр

каркаса – 18 мм, диаметр провода – 1,5 мм, число витков – 22, шаг намотки – 2,5 мм, отвод – от 9-го витка, считая от заземленного конца катушки.

Установка антенны на крыше может сильно влиять на ее характеристики. Общими рекомендациями являются следующие:

основание антенны желательно располагать не ниже 3 м от плоскости крыши;

вблизи от антенны не должно быть металлических предметов и конструкций (например телевизионных антенн, проводов и т. п.);

устанавливать антенну желательно как можно выше;

для нормальной работы станции ближайшая базовая Си-Би антенна не должна быть расположена ближе 200 м.

Эффективность работы антенны на передачу тем выше, чем меньше омические потери в ее элементах. Поэтому наилучшим материалом для элементов антенн являются медные трубки, однако приемлемым компромиссом можно считать применение алюминиевых (дюралевых) трубок (из-за высокого удельного веса и низкой прочности меди),

При необходимости расширения полосы частот диаметр трубок увеличивают, или используют трубки с ребристой наружной поверхностью. Поскольку ток, протекающий по штырю антенны, уменьшается к ее верхнему концу, диаметр верхней части штыря можно уменьшить без ухудшения ее параметров. Одним из наиболее простых средств расширения полосы частот длинных штыревых антенн является применение втулки с четырьмя усами длиной около 100 мм и диаметром 4–5 мм, закрепляемой в верхней части штыря (рис. 10.6). При этом резонансная частота антенны понижается и длину штыря придется несколько уменьшить. При работе антенны на передачу по ней протекают довольно большие токи, поэтому необходимо обеспечить очень хорошее соединение всех элементов между собой и позаботиться об их защите от коррозии.

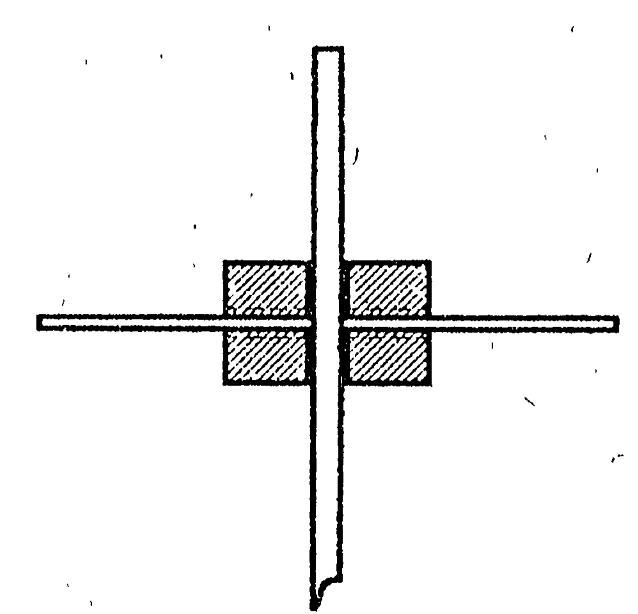


Рис. 10.6. Расширитель полосы антенны

В настоящее время в продаже имеются Си-Би антенны заводского изготовления (рис. 10.7) как отечественные, так и импортные, легкие, изящно выполненные. Как свидетельствует опыт их эксплуатации, в соединениях элементов, которые осуществляются самонарезающими шурупами, под действием ветра достаточно быстро теряется электрический контакт. Более надежной является конструкция штырей со стяжными хомутами. Практически все варианты промышленных антенн требуют дополнительной герметизации, предотвращающей попадание воды внутрь трубок, на согласующие трансформаторы, катушки и заделку кабеля, что приводит к необратимым последствиям.

Если на крыше Вашего дома есть достаточно высокая лифтовая будка, телевизионная антенна или пристройка высотой больше 5 метров, то антенну GP можно установить, используя капроновый трос-растяжку (рис. 10.8) без мачты. Кроме капронового шнура и кабеля РК-50 потребуется еще

Рис. 10.7. Конструкции серийных базовых антенн: 1 – $\lambda/4$; 2, 3 – $\lambda/2$; 4 – $5/8\lambda$

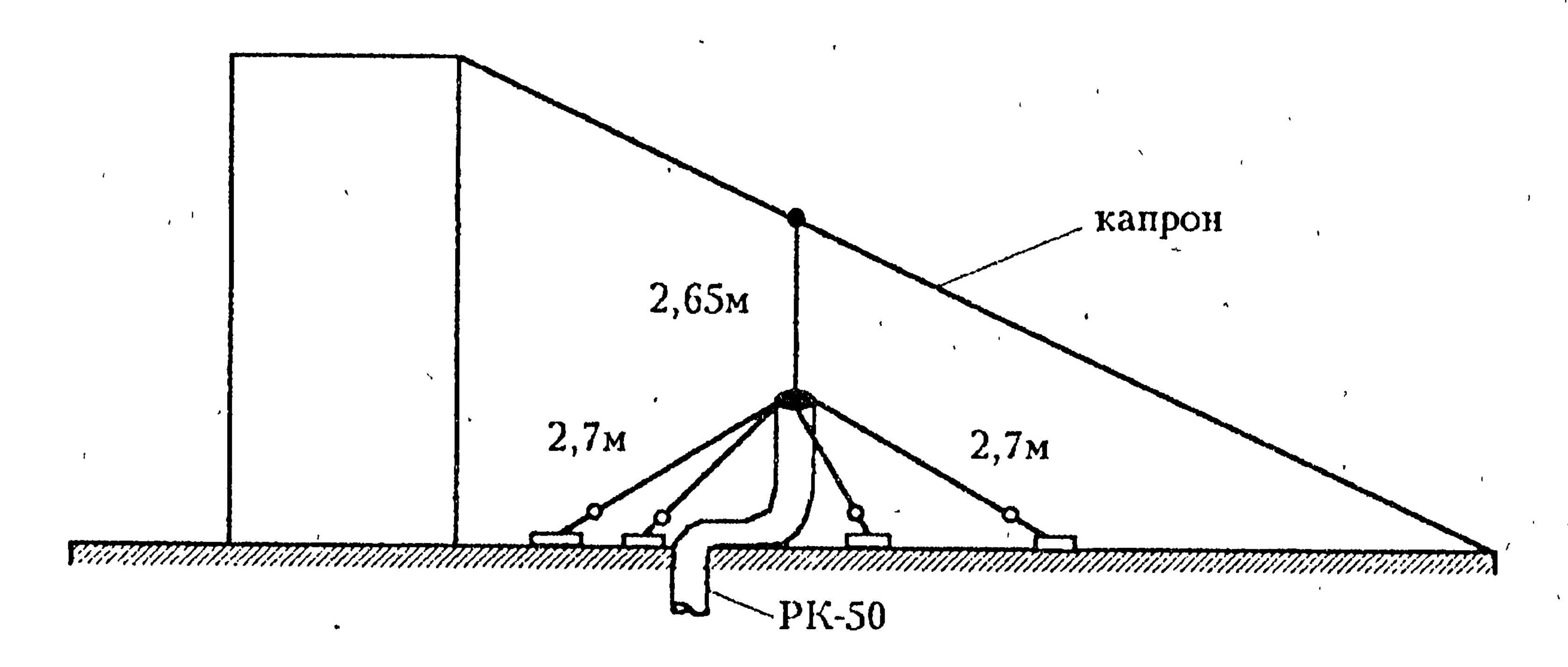


Рис. 10.8. Антенна GP без мачты

4 изолятора любого типа. Конец кабеля длиной 2,7 м освобождается от внешней изоляции и оплетки, оплетка расплетается и скручивается в 4 примерно одинаковые "косички". К ним присоединяются противовесы. Противовесы можно сделать из любого медного (в крайнем случае даже

алюминиевого) провода, который прикручивается (или припаивается) к "косичкам". Длина противовесов должна быть 2,7 м. На концах противовесов закрепляются изоляторы, которые прикрепляются к проволочным или капроновым оттяжкам. Конец освобожденного от оплетки участка кабеля за полиэтиленовый изолятор прикрепляется к капроновому шнуру так, чтобы он не оторвался порывами ветра. Противовесы разводятся в стороны равномерно по кругу, оттяжки закрепляются на крыше (например, привязываются к кирпичам). Постарайтесь длину оттяжек подобрать так, чтобы между проводом противовеса и вертикалью был угол около 45°. Места соединений и место выхода кабеля из оплетки тщательно герметизируют пластилином, чтобы под оплетку не попала вода.

Эта антенна по своим характеристикам полностью соответствует классической антенне GP длиной $\lambda/4$. Такую антенну очень удобно

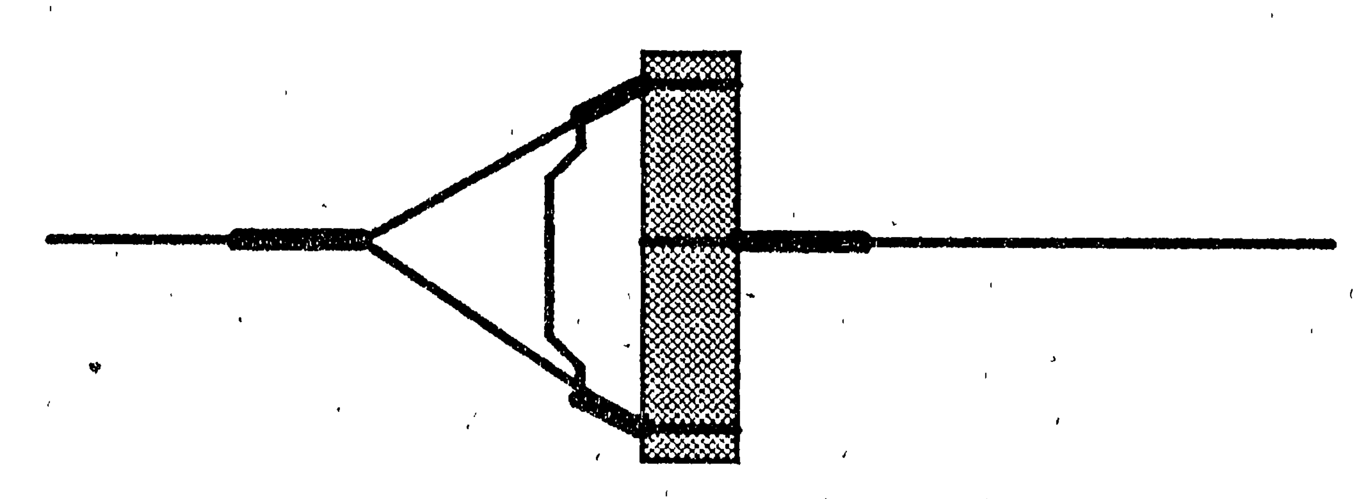


Рис. 10.9. Деревянный изолятор

устанавливать в полевых условиях между двумя деревьями, нужно только заранее заготовить кабель и противовесы с оттяжками, а в качестве изоляторов на концах противовесов сгодятся даже короткие сухие палочки (см. рис. 10.9), т. к. на частоте 27 МГц это неплохой изолятор.

10.3.2. Направленные антенны

Выше были рассмотрены наиболее распространенные виды антенн с круговой диаграммой направленности. Эти антенны не позволяют получить большого усиления, а из-за круговой диаграммы все они относятся к классу относительно "шумных" антенн, поскольку они одинаково воспринимают шумы и помехи с любого направления.

Для обеспечения связи между двумя неподвижными станциями, расстояние между которыми превышает "дальнобойность" антенн типа GP, с успехом используют направленные антенны "Волновой канал" (рис. 10.10). Эти антенны концентрируют максимум излучения в нужном направлении, обеспечивая выигрыш как при передаче, так и при приеме.

Существенную роль при установлении устойчивой радиосвязи играет поляризация излучаемого сигнала. Известно, что при дальнем распространении поверхностная волна испытывает заметно меньшее затухание при использовании горизонтальной поляризации. Именно поэтому горизонтальная поляризация используется в телевидении. Применение антенн с горизонтальной поляризацией оправдано и в условиях Си-Би связи. Описанные далее антенны при горизонтальном расположении вибратора

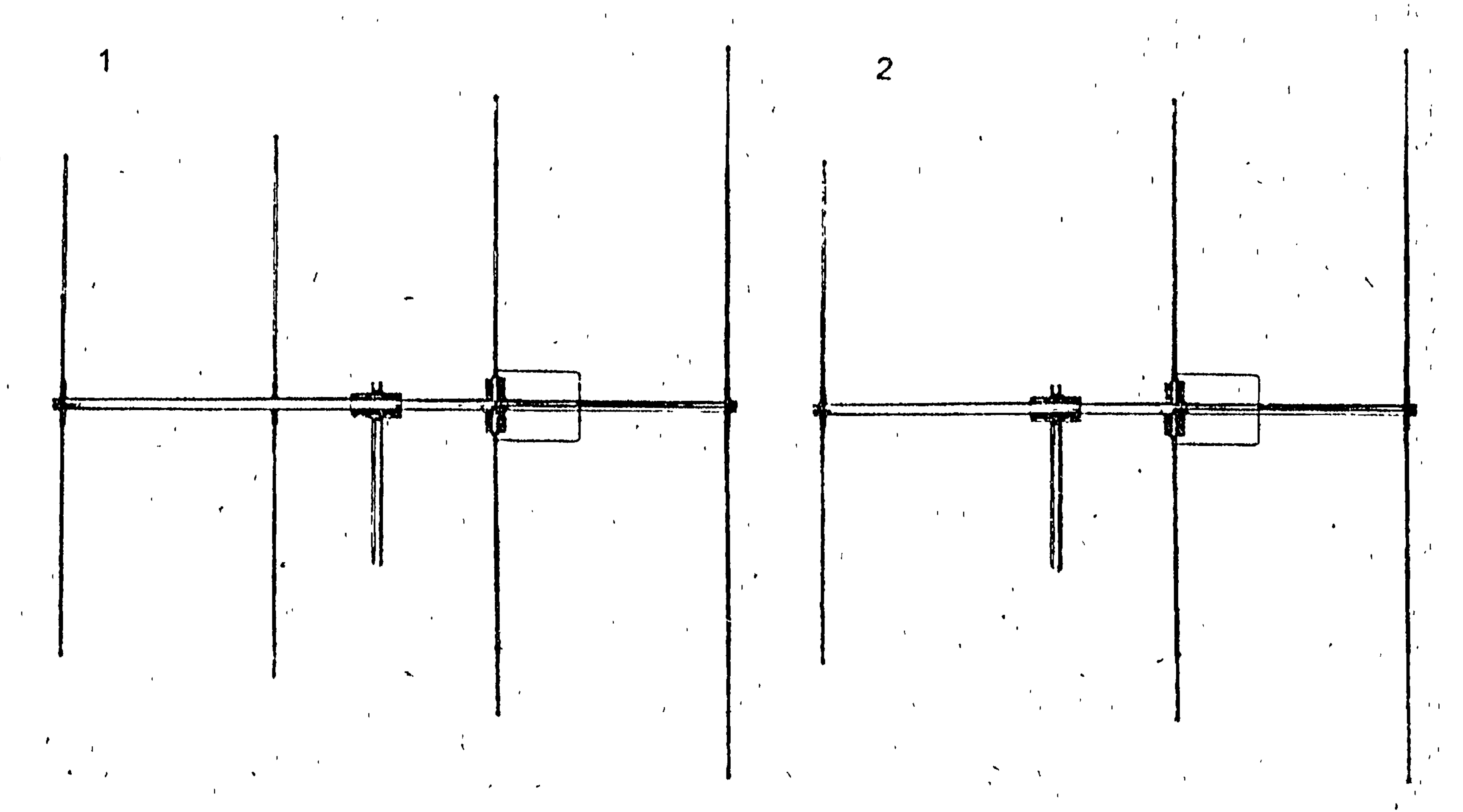


Рис. 10.10. Антенны типа "Волновой канал": *1* – 4-элементная; *2* – 3-элементная

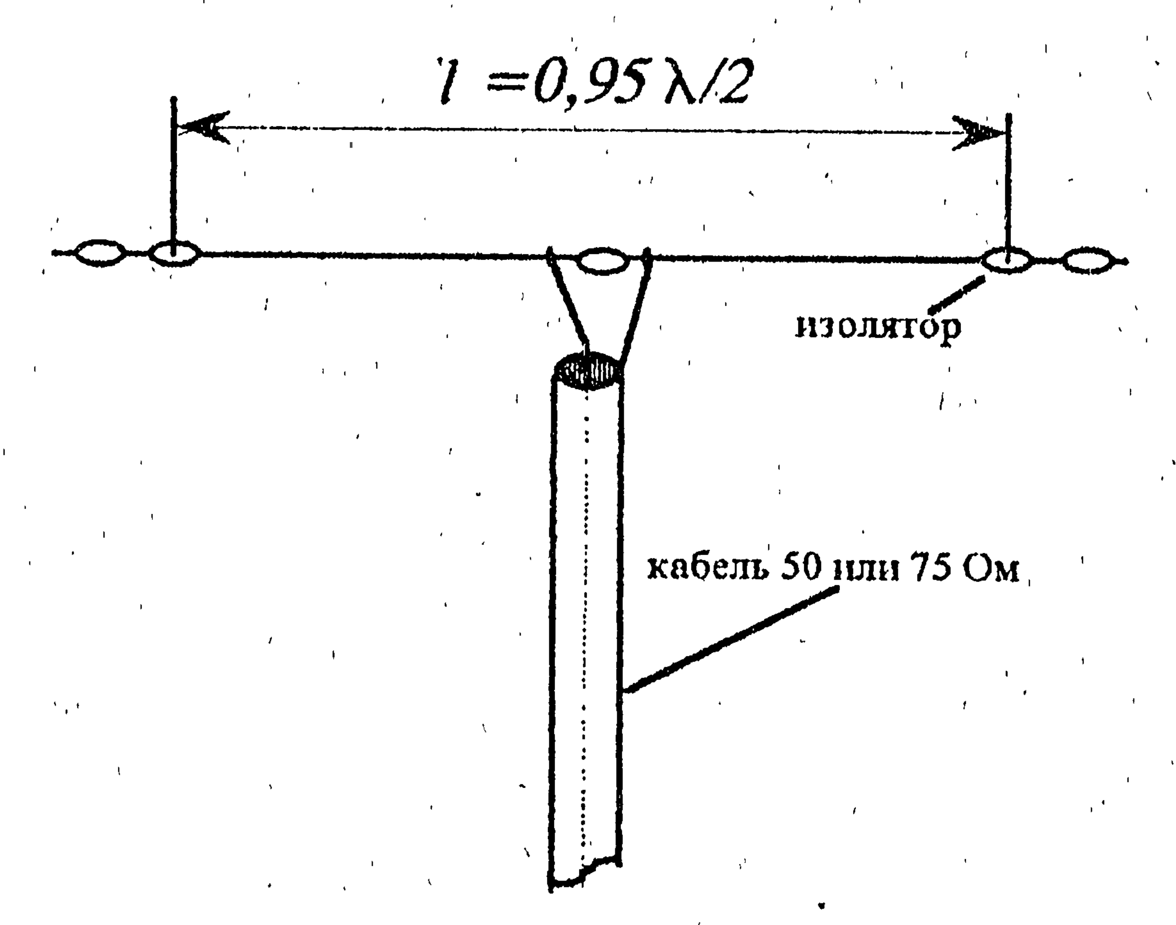


Рис. 10.11. Полуволновый вибратор

имеют горизонтальную поляризацию. Прием же ими сигналов радиостанций с вертикальной поляризацией будет сопровождаться заметным ослаблением.

Самой простой из направленных антенн бесспорно считается полуволновый вибратор (рис. 10.11). Эта антенна используется при приеме телевидения и подробно рассмотрена в разделах 3.2, 4.2. Коэффициент усиления антенны принимается за единицу измерения, так как коэффициенты усиления других антенн определяются относительно полуволнового вибратора.

Диаграмма направленности антенны имеет вид восьмерки в горизонтальной плоскости и круга в вертикальной. Подключение к вибратору может быть выполнено кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом. Возникающая

при этом асимметрия, искажающая диаграмму направленности, проще всего устраняется с помощью ферритового кольца большого диаметра, на которое наматывается 2–4 витка используемого кабеля. Кольцо желательно располагать как можно ближе к антенне, а кабель – перпендикулярно вибратору на длине не менее 3 м от антенны. Для Си-Би диапазона длина вибратора должна быть 5,22–5,25 м. Эта антенна обычно не требует настройки. При подключении к такой антенне 50-омного кабеля (или подключении 75-омного кабеля к радиостанции) обеспечивается КСВ = 1,5, что вполне приемлемо.

Удлиняя полуволновый вибратор, получают конструкцию, получившую название "Длинный провод" (рис. 10.12), обладающую существенно

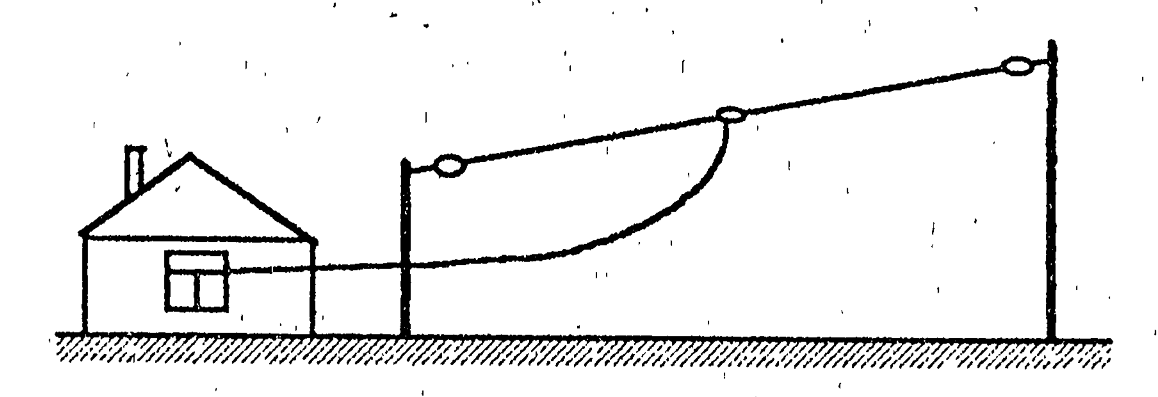


Рис. 10.12. Антенна "Длинный провод"

большим усилением. На практике наиболее распространены антенны длиной λ или 2λ, поскольку размещение более длинных антенн на современных дачных участках и на крышах городских зданий затруднительно. С учетом влияния краевых емкостей, полная длина вибратора составляет для λ – 10,8 м, для 2λ – 21,8 м. Для антенны длиной λ максимум излучения ориентирован под углом 50° к направлению провода, а усиление по сравнению с полуволновым вибратором составляет 0,5 дБ. Для антенны длиной 2λ эти параметры составляют – 30° и 1,5 дБ соответственно.

Сопротивление излучения антенн "Длинный провод" при высоте подвеса более 5 м над землей составляет 80 Ом для λ и 105 Ом для 2λ. Для согласования их с 50-омным кабелем удобно использовать четвертьволновый трансформатор с волновым сопротивлением 75 Ом, т. е. включить между фидером и антенной 2-метровый отрезок телевизионного кабеля необходимой толщины, не менее толщины 50-омного фидера (рис. 10.13).

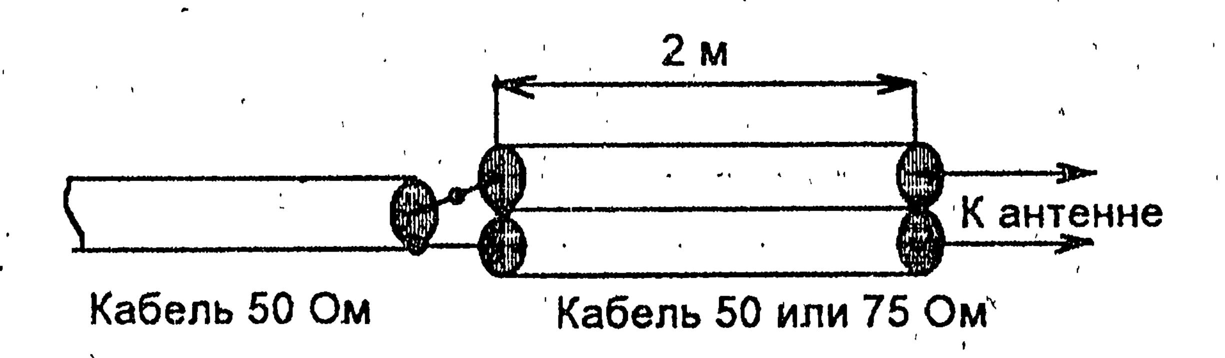


Рис. 10.13. Согласующий трансформатор

На рис. 10.14 показана несимметричная, а на рис. 10.15 – симметричная антенна. Для предотвращения затекания тока на внешнюю поверхность кабеля (что искажает диаграмму направленности антенны) желательно

намотать 2–4 витка кабеля на ферритовое кольцо большого диаметра вблизи точки присоединения к антенне.

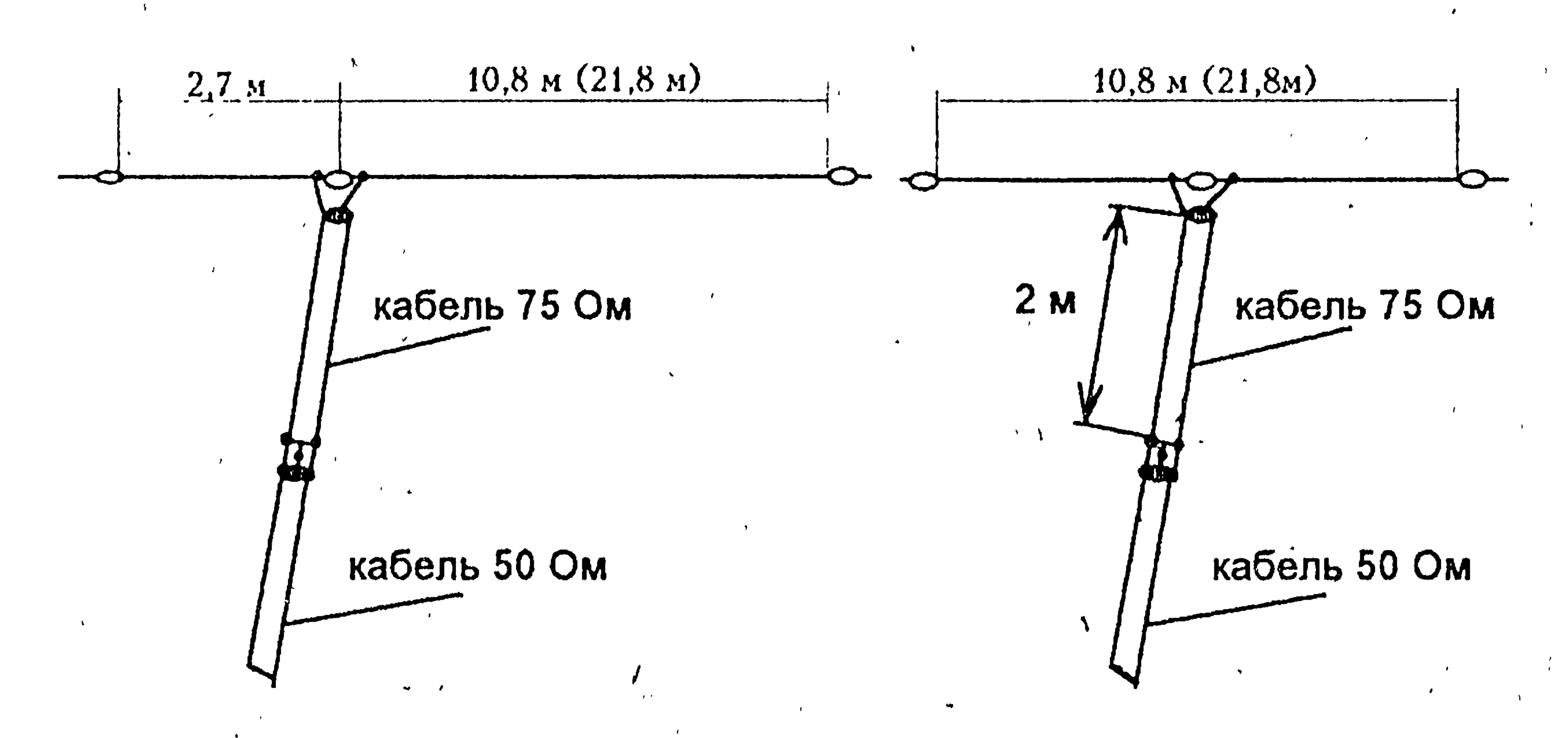


Рис. 10.14. Несимметричная антенна   Рис. 10.15. Симметричная антенна

Объединив описанные выше антенны таким образом, чтобы их диаграммы суммировались, получают антенну типа V (рис. 10.16). Угол раскрыва α зависит от длины проводов. В частности, при длинах λ и 2λ величина α составляет 100° и 70°, а усиление – 3,5 дБ и 4,5 дБ соответственно. Данная конструкция одинаково излучает в двух направлениях: вперед и

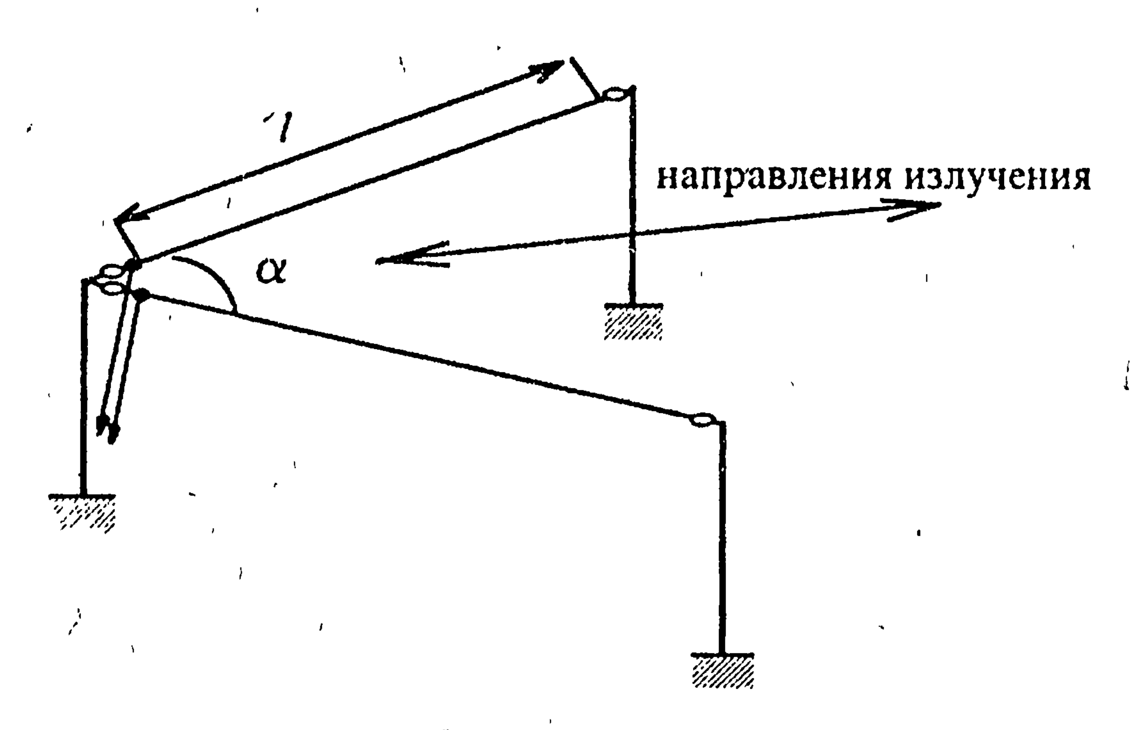


Рис. 10.16. Антенна типа V

назад. Входное сопротивление настроенных в резонанс антенн типа V составляет около 100 Ом при длине λ и 120 Ом при длине 2λ (высота подвеса также влияет на сопротивление). Согласование антенн с 50-омным кабелем может быть выполнено с помощью трансформатора, показанного на рис. 10.13.

При соединении вместе двух антенн типа V таким образом, чтобы их диаграммы суммировались, получают Ромбическую антенну (рис. 10.17). Направленность этой антенны выражена существенно сильнее. При под-

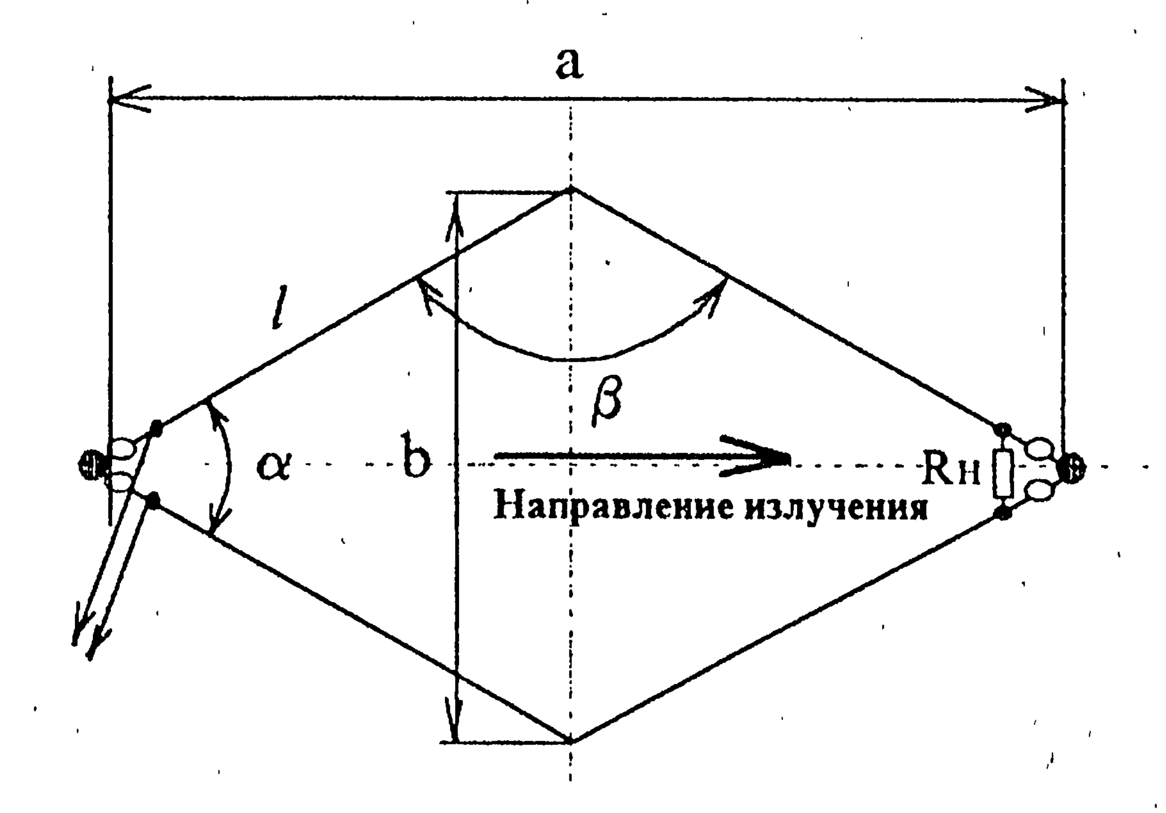


Рис. 10.17. Ромбическая антенна

ключении к вершине ромба, противоположной точкам питания, нагрузочного сопротивления величиной Rн и мощностью, равной половине мощности передатчика, достигается подавление заднего лепестка диаграммы направленности на 15–20 дБ. Направление главного лепестка диаграммы направленности в горизонтальной плоскости совпадает с диагональю a. В вертикальной плоскости главный лепесток ориентирован горизонтально. Размеры ромбических антенн сведены в табл. 10.5, обозначения соответствуют рис. 10.17.

Таблица 10.5

Размеры ромбических антенн

Размер	l, м	G, дБ	Rн, Ом	α	β	a, м	b, м
λ	10,8	5,2	300	110°	70°	12,3	18
2λ	21,8	8,0	500	76°	104°	34,3	27

Согласование приведенных ромбических антенн с 50-омным кабелем удобно осуществляется с помощью четвертьволнового трансформатора, выполняемого из двух двухметровых отрезков кабеля (рис. 10.13). Оплетки кабелей, входящих в трансформатор, соединены между собой и больше никуда не подключаются. Поскольку трансформатор в этом случае выполнен симметричной линией, симметрирующий трансформатор на ферритовом кольце при этом можно разместить на 50-омном кабеле фидера вблизи трансформатора. Для согласования антенны длиной λ или 2λ в трансформаторе используются отрезки 50-омного или 75-омного кабеля соответственно.

Одной из лучших направленных антенн является антенна типа "Двойной квадрат". Как все "проволочные" антенны, она достаточно проста в изготовлении своими силами и не требует дорогостоящих материалов. Антенны типа "Двойной квадрат" обладают следующими характеристиками.

Коэффициент усиления по отношению к антенне типа GP длиной $5/8\lambda$ – 8–9 дБ. Полоса частот (по уровню КСВ = 1,6) – от 26,600 до 27,900 МГц.

Поляризация – вертикальная. Подавление заднего лепестка диаграммы направленности – не менее 20 дБ.

Сравнение характеристик антенны GP 5/8λ и описываемой антенны проводилось при связи между Москвой (Ясенево) и Наро-Фоминском, т. е. при малых углах излучения по отношению к горизонту, что наиболее важно для проведения дальних связей поверхностной волной. Конструкция антенны показана на рис. 10.18.

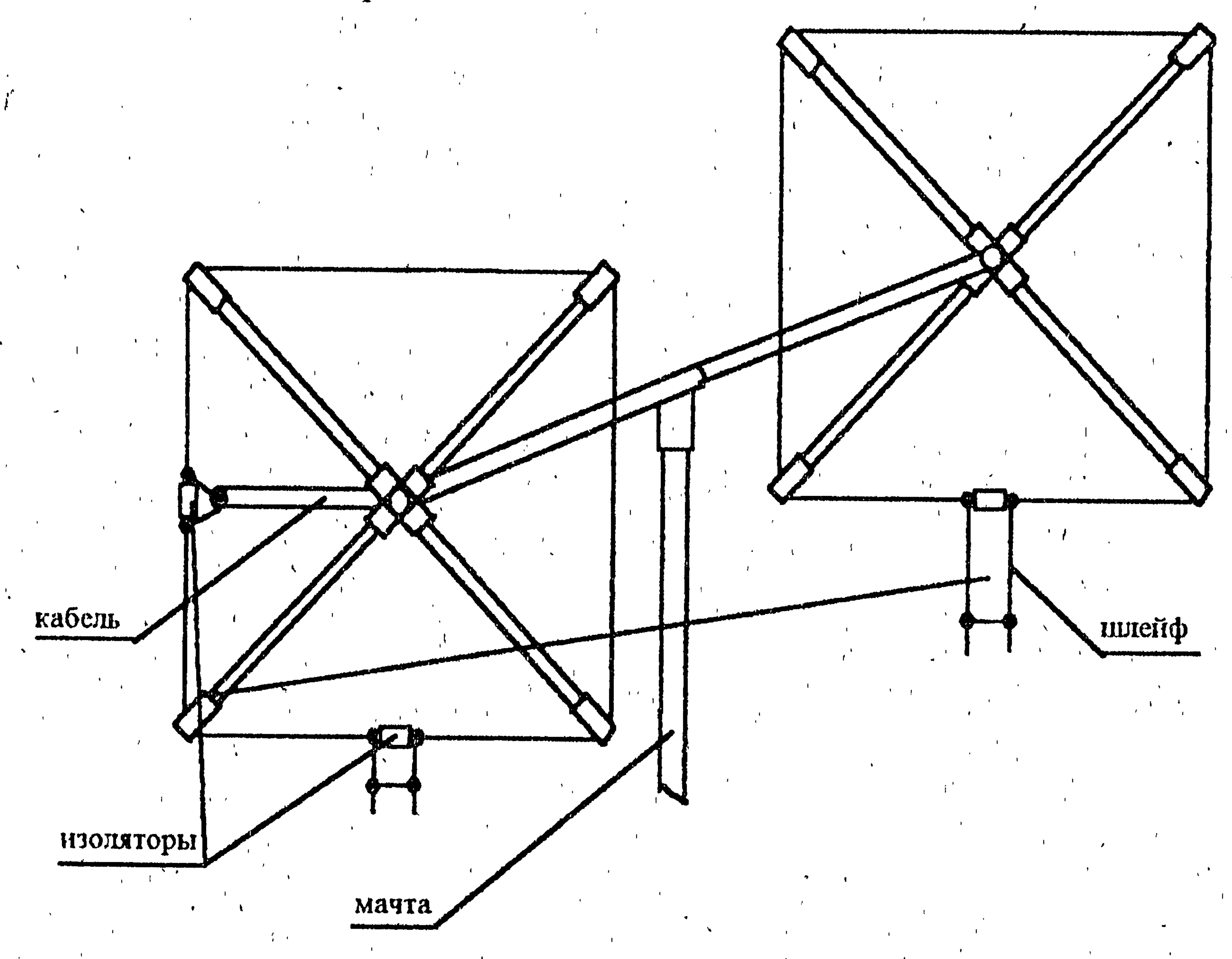


Рис. 10.18. Антенна "Двойной квадрат" на металлической раме

Траверса длиной 220 см изготовлена из двух стальных труб диаметром 30 и 24 мм с толщиной стенок 3 мм. Одна труба вдвигается в другую для удобства транспортировки. В собранном виде трубы траверсы скрепляются сквозными болтами. На концах траверсы приварены крестовины из отрезков двухдюймовой трубы. Для крепления к мачте в середине траверсы приваривается стальной стакан диаметром 60 и длиной 250 мм.

Распорки антенны (8 шт.) длиной 1900 мм выполняют из круглых палок орешника. На концы распорок туго насажены отрезки пластмассовой трубки длиной 100 мм с отверстиями на концах, через которые пропускается антенный канатик. Сами распорки закрепляются в крестовинах с помощью зажимных винтов. Рекомендуется канатик, изготовленный из оплетки кабеля, диаметром около 3 мм. Общая длина канатика вибратора (включая шлейф) – 11 м 2 см. Общая длина канатика рефлектора (включая шлейф) – 11 м 30 см. Целесообразно предусмотреть некоторый запас длины канатика, который можно будет удалить после настройки антенны.

Кабель питания с волновым сопротивлением 50 Ом подключается к

середине боковой стороны вибратора. Расстояние между точками подключения центральной жилы и оплетки кабеля – 70 мм. Конструктивно узел питания вибратора выполняется в виде пластмассовой коробочки, заполненной герметиком для защиты места заделки кабеля от осадков. От вибратора кабель идет горизонтально до крестовины, затем вдоль траверсы до мачты и, далее, вдоль мачты вниз. Настроечные шлейфы имеют длины: у вибратора – 100 мм, у рефлектора – 500 мм. Перемычки при настройке присоединялись накруткой, а после окончания настройки пропаивались.

Настройку начинают с вибратора. Регулируя длину шлейфа, добиваются минимума КСВ на средней частоте диапазона.

Длину шлейфа рефлектора настраивают, добиваясь максимального усиления антенны. Для этого любой генератор с излучателем располагают как можно дальше перед антенной (не ближе 20 м), антенну кабелем подключают к приемнику со стрелочным S-метром и добиваются максимума показаний.

Есть положительный опыт построения антенн этого типа на основе несущей конструкции, выполненной целиком из дерева. Это существенно снижает ее вес, что облегчает подъем на мачту, кроме того, более легкую антенну проще сделать вращающейся.

При изготовлении конструкции из дерева следует принять меры для защиты ее от атмосферных воздействий. Несущую траверсу и крестовины рекомендуется промазать олифой или лаком для паркета. Некоторые радиолюбители обматывают всю деревянную конструкцию бинтом, пропитанным нитролаком или нитрокраской. Это несколько утяжеляет конструкцию, но делает ее более долговечной. Возможно также окрасить конструкцию 2–3 слоями финского лака "Pinotex", что позволяет использовать обычные сосновые рейки.

Данная антенна обладает большой парусностью, поэтому все винтовые соединения следует выполнять с использованием шайб Гровера. Естественно, все резьбовые соединения целесообразно защитить от коррозии оконной замазкой или пластилином.

Конструкция антенны показана на рис. 10.19, а на рис. 10.20 – конструкция узлов крепления траверсы к мачте и к опорам.

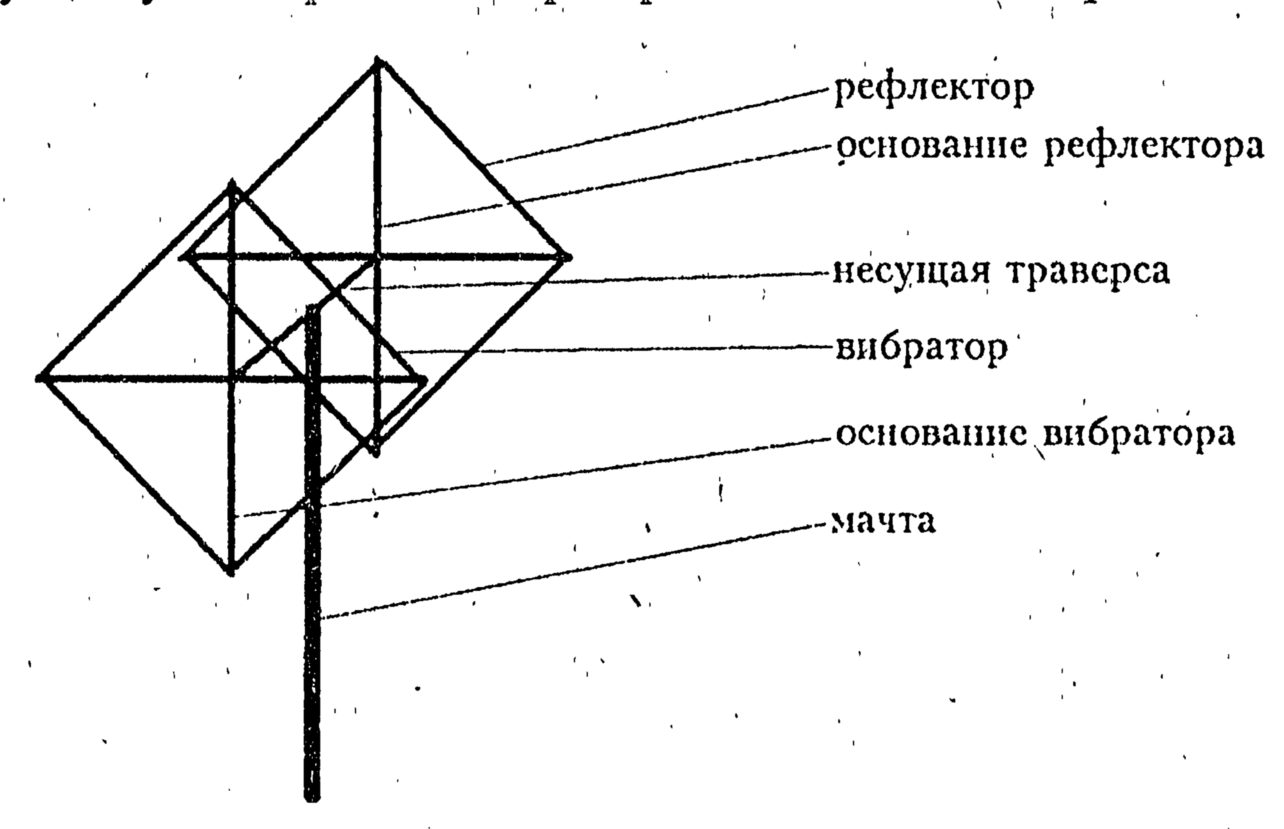


Рис. 10.19. Антенна "Двойной квадрат" на деревянной раме

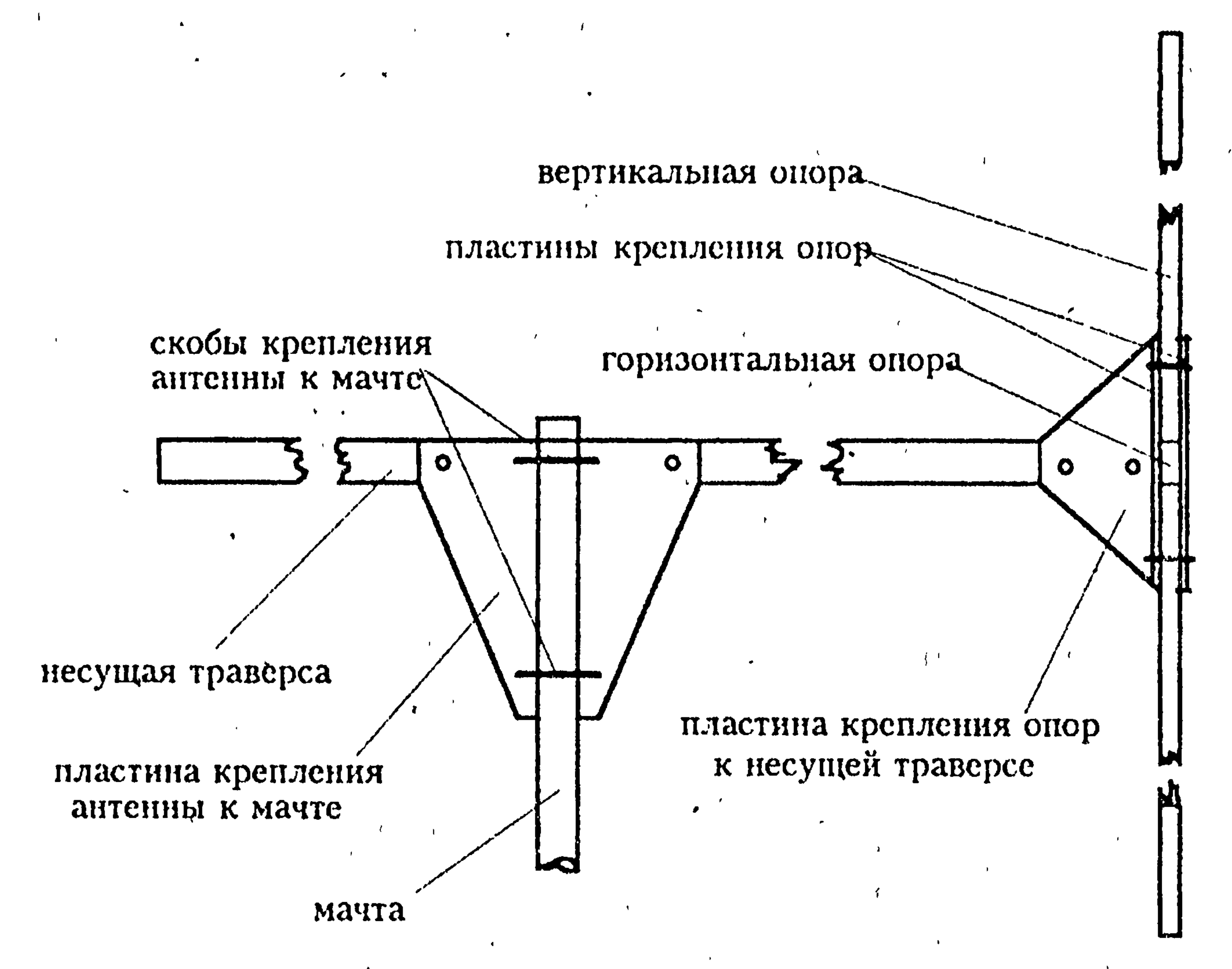


Рис. 10.20. Элементы конструкции антенны

Пластины можно изготовить из дюралюминия, текстолита, фанеры, т. е. любых материалов, обеспечивающих необходимую механическую прочность. Проволока, из которой изготавливаются вибратор и директор, может быть медной, диаметром 1,0–2,0 мм. Еще лучше использовать антенный канатик. Для крепления вибраторов на опорах можно использовать фарфоровые ролики-изоляторы, которые шурупами закрепляются на рейках опор. Вибратор и рефлектор антенны настраиваются шлейфами, поэтому нужно предусмотреть возможность крепления шлейфов на опорах, например так, как показано на рис. 10.21.

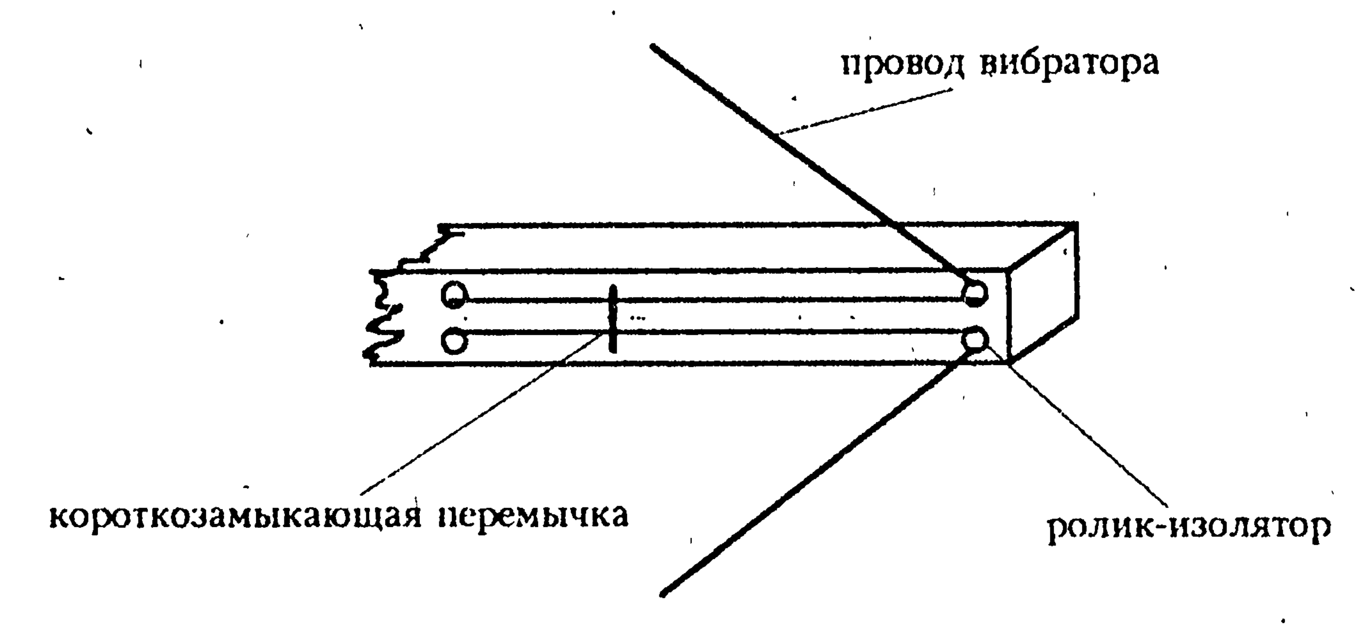


Рис. 10.21. Конструкция настроечного шлейфа

Какой расчет размеров антенны следует рекомендовать? Для расчета длины провода излучателя в книге К. Ротхаммеля предлагается следующая формула:

$$L(\text{м}) = 302/f(\text{МГц}),$$

Расчет проведем для 20 канала сетки С, т. е. для частоты 27,200 МГц. Размер L получается равным 11,103 м. Одна сторона квадрата равна $L/4$, что составляет 2,776 м. Длина одной опоры вибратора получается равной 1,963 м. Длина траверсы должна составлять $0,2\lambda$, что дает размер 2,22 м. Длина провода рефлектора должна быть несколько больше, что обеспечивается выбором длины шлейфа при настройке. Длину настроечных шлейфов рекомендуется выбрать в пределах 0,7–0,8 м, а расстояние между проводами шлейфов – равным 5–15 см.

На рис. 10.22 приведена электрическая схема антенны. Описанная антенна имеет вертикальную поляризацию, ее ожидаемое усиление составляет 8–11 дБ. Для получения расчетной диаграммы направленности точка питания антенны должна быть расположена на высоте большей или равной половине длины волны (т. е. 5,5 м) от земли. Методика настройки антенны соответствует ранее описанной.

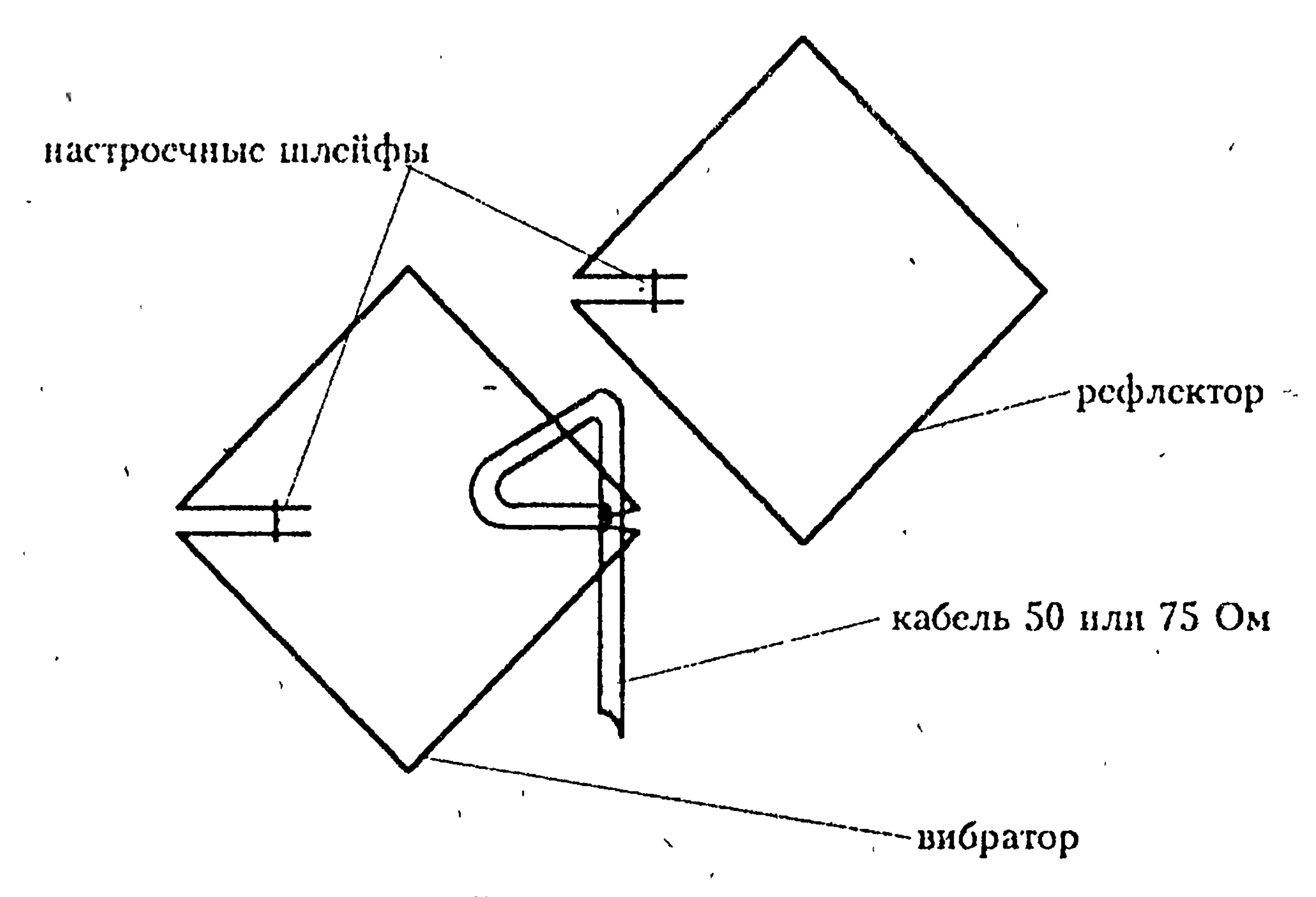


Рис. 10.22. Схема электрических соединений

Трехэлементная антенна Delta Loop (рис. 10.23) относится к классу направленных, ширина лепестка излучения в горизонтальной плоскости составляет около 70°. Диаграмма имеет вытянутую форму, что дает выигрыш по сравнению со штыревой антенной GP длиной $\lambda/4$ примерно в 10 раз по мощности, т. е. радиостанция мощностью 4 Вт в направлении основного излучения звучит так же громко, как радиостанция с усилителем 40 Вт при работе на обычный штырь. Положительный эффект при работе с дальними станциями еще больше усиливается за счет того, что приемник не воспринимает помехи с боков и сзади антенны. Недостаток этой антенны – невозможность поворачивать ее в направлении разных корреспондентов.

Длина провода рамки рефлектора – 11,72 м.

Длина провода рамки активного элемента – 11,2 м.

Длина провода рамки директора – 10,75 м.

Провод можно использовать медный, диаметром 1,5–2 мм. Если антенна предназначена для непродолжительной работы в полевых условиях, годится даже алюминиевый провод. Узел крепления кабеля А можно выполнить, как

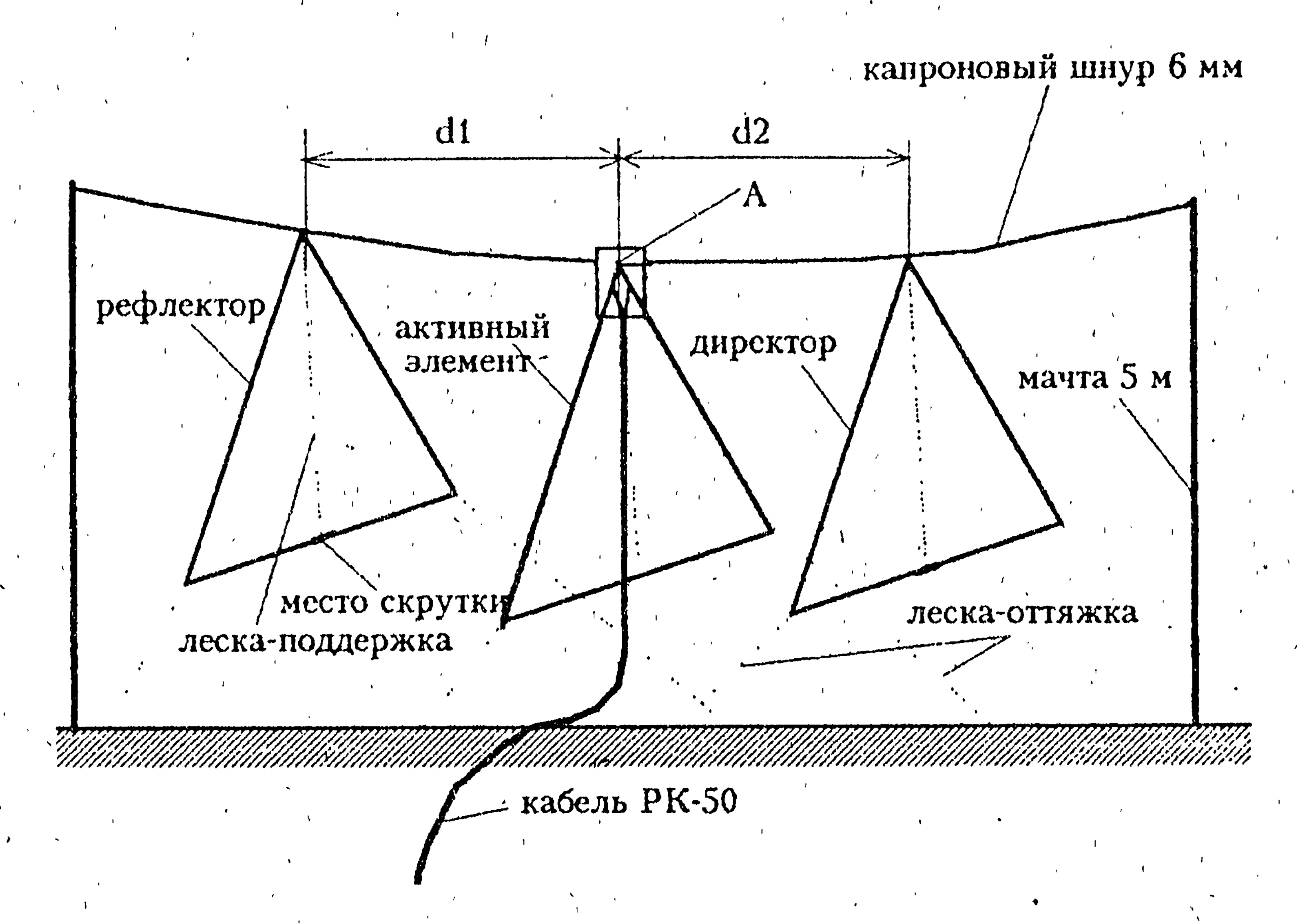


Рис. 10.23. Трехэлементная антенна Delta Loop

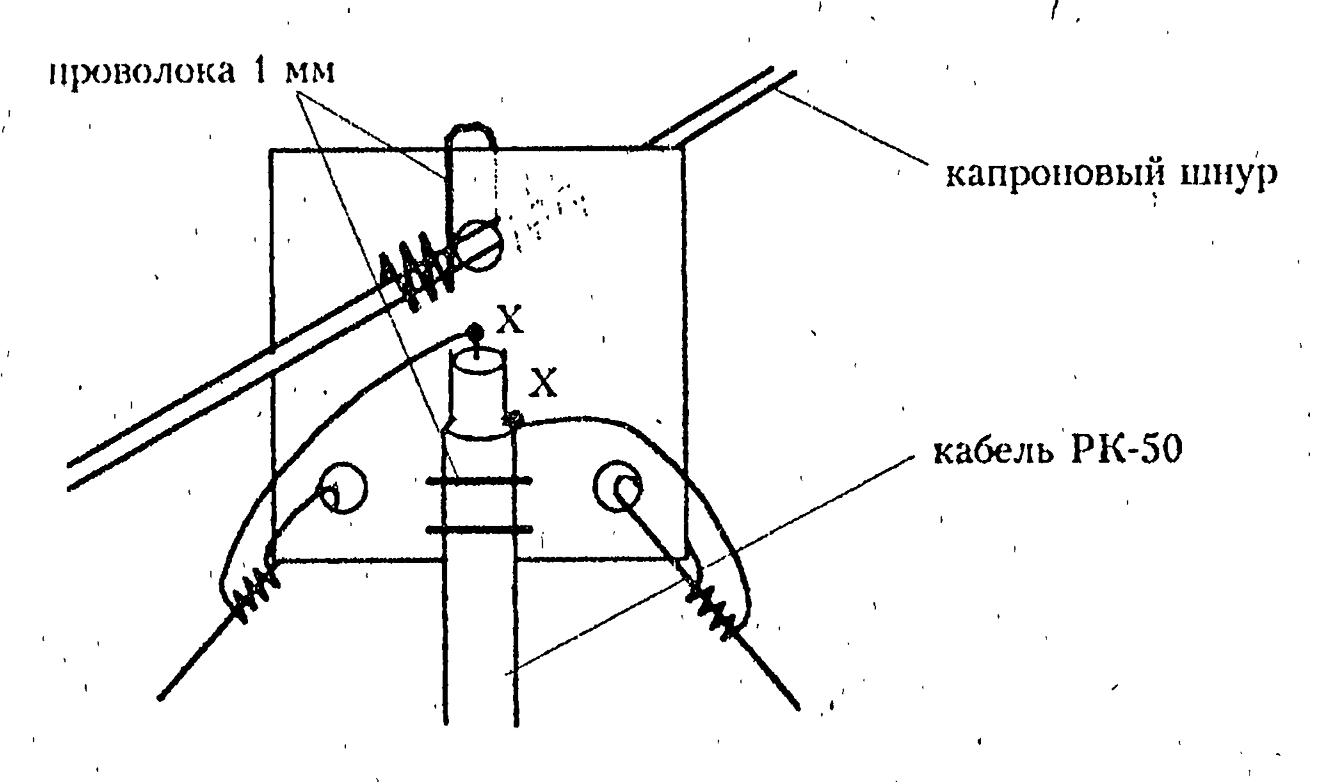


Рис. 10.24. Узел крепления А

показано на рис. 10.24. Используется пластина из оргстекла или текстолита толщиной 3–5 мм. Отсчет длины провода активного элемента нужно вести от точек XX. Расстояния d_1 и d_2 равны 2 м и 1 м соответственно. Все открытые места соединений необходимо гидроизолировать пластилином. При высоте мачт 5 м скрутка проводников рамок расположена примерно на уровне груди, что несколько низковато. Идеально было бы иметь нижнюю точку на высоте 5 м и более, но это требует более высоких мачт. При мачтах высотой 5 м конструкция легко выполнима в домашних условиях и дает большой эффект по сравнению со штырем.

Если установить реле-замыкатели на рефлекторе и директоре (рис. 10.25), то, меняя с помощью шлейфов их размеры, можно переключать направ-

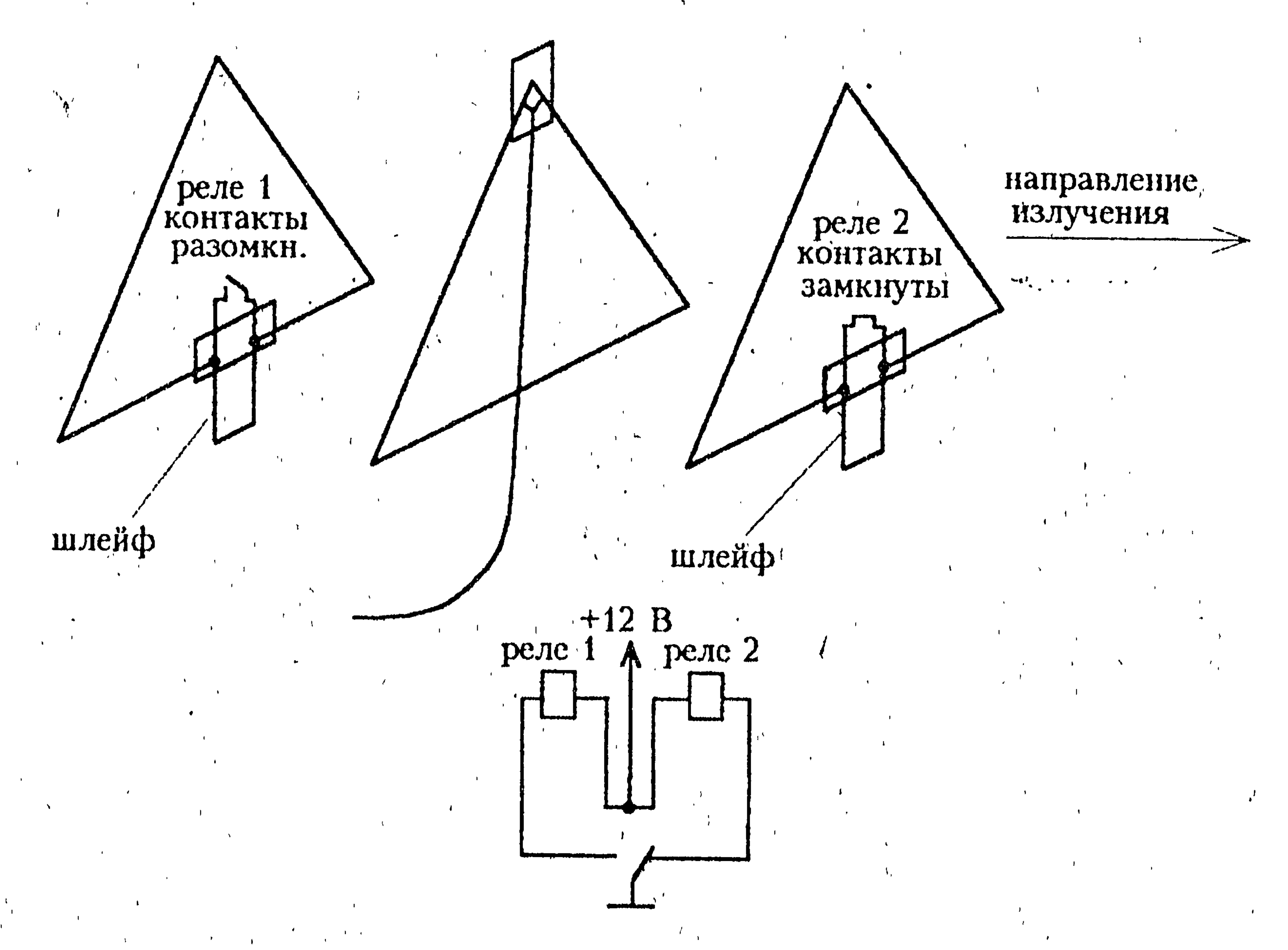


Рис. 10.25. Антенна с переключаемой диаграммой направленности

ление излучения антенны на 180°. В этом случае размеры рамок директора и рефлектора делают равными 10,75 м, а длина провода шлейфа должна быть равна 1 м. В этом варианте размеры $d_1 = d_2 = 1,5$ м. Можно использовать реле типа РЭС9, РЭС48, РЭС49.

Внимание: Никогда не переключайте направление излучения при включенном передатчике – сгорят контакты реле.

10.3.3. Установка и практическое выполнение базовых антенн

На плоской крыше, лишенной каких-либо точек крепления основания мачты и оттяжек, тоже можно довольно просто и надежно установить мачту, пользуясь подручными средствами. Эта, на первый взгляд неразрешимая задача, решается с помощью нескольких кусков водопроводной трубы, мотка проволоки и старой автомобильной шины от большого грузовика (лучше на металлическом диске). Два куска трубы скрепляются проволокой крест-накрест, на них сверху кладется тяжелое колесо и приматывается проволокой к трубам. Эта конструкция является основанием мачты. Мачта устанавливается в центральное отверстие колеса и любым способом прикрепляется к диску и крестовине (лучше всего использовать сварку, но можно и прикрепить проволокой). При достаточно длинных трубах крестовины такое основание обеспечит устойчивость довольно высокой мачты.

Как было упомянуто, дальность связи в Си-Би диапазоне зависит, в

первую очередь от высоты передающей и приемной антенн. Антенные мачты могут быть изготовлены из стальных труб, алюминиевого профиля, деревянных шестов. Чем больше высота мачты, тем больше ярусов оттяжек следует использовать для ее надежной фиксации. При использовании металлических мачт ярусы оттяжек располагаются через 4–6 м, при деревянных мачтах – через 3–4 м. Расстояние от вершины мачты до верхнего яруса оттяжек должно быть минимальным, допускаемым конструкцией используемой антенны. Число оттяжек в каждом ярусе может быть от 3 до 4, важно только равномерно разместить их по кругу. При установке высоких мачт нагрузки на оттяжки под действием ветра могут быть очень большими, поэтому необходимо тщательно выбирать материал оттяжек и способ их крепления, чтобы избежать падения мачты.

Поскольку случаи падения высоких мачт все же ежегодно случаются, следует позаботиться о том, чтобы при падении мачты она не могла задеть линии электропередачи, телефонные линии, упасть на территорию соседей или на прохожих. Лучше заранее принять все предосторожности, они никогда не бывают излишними! Никогда не устанавливайте высокие мачты в ветренную погоду, дождитесь безветренного дня.

Все описанные антенны выполняются из антенного канатика. В качестве замены канатика можно использовать жгут из скрученных с помощью дрели эмалированных медных проводов диаметром от 0,3 до 0,7 мм и количеством жил от 5 до 10. В этом случае нужно очень тщательно зачищать от эмали и пропаивать все проводники жгута в местах соединений. Хорошие результаты можно получить при использовании медного провода диаметром 1,5–3 мм.

В качестве изоляторов лучше всего использовать орешковые, но годятся и обычные фарфоровые для электропроводки, если принять меры от перерезания канатика на острых гранях.

Использование проволочных оттяжек может существенно влиять на характеристики антенны, если их размеры оказываются резонирующими на рабочих частотах. Для исключения влияния проволочных оттяжек их необходимо разрывать изоляторами на части длиной 1,5–2 м. Применение оттяжек из прочного капронового шнура исключает влияние на характеристики антенны, но нужно позаботиться о том, чтобы шнур не мог перетереться или перерезаться об острые кромки конструкций при раскачивании мачты. Узлы креплений капронового шнура необходимо страховать от сползания и развязывания путем их оплавления.

Для обеспечения грозозащиты антенн мачты и антенны должны быть надежно заземлены по постоянному току. Если используется деревянная мачта, она, для уменьшения потерь излучаемой мощности, должна быть хорошо просушена и защищена от влаги несколькими слоями масляной краски. В этом случае заземление антенны может обеспечиваться соединением с "землей" оплетки кабеля.

Использование в качестве мачт деревьев не очень эффективно, т. к. зеленое дерево может вносить значительные потери. Общее правило при установке антенн: все предметы, имеющие протяженность более 1 м и не являющиеся хорошими изоляторами, должны быть удалены от антенны не менее чем на длину волны, т. е. 11 м.

Элементы антенн, находящиеся под высокочастотным напряжением,

должны располагаться таким образом, чтобы исключалась возможность их случайного касания людьми. Это требование связано с тем, что, даже при работе с разрешенной мощностью 10 Вт, напряжения на концах резонирующих элементов антенн могут достигать сотен вольт, способных вызвать ожоги.

В случаях, когда не удается поднять элементы антенны выше 3 м от поверхности земли или крыши, необходимо установить ограждение и предупреждающие надписи "Осторожно! Антенна находится под высоким напряжением!", т. е. принять все меры, исключающие случайное поражение людей.

10.4. АВТОМОБИЛЬНЫЕ АНТЕННЫ

Установка антенны на автомобиле имеет ряд особенностей и от ее правильности сильно зависит дальность связи. Уровень помех от системы зажигания двигателя серьезно влияет на чувствительность станции, поэтому желательно располагать антенну как можно дальше от двигателя, а питание станции осуществлять через фильтр или непосредственно от аккумуляторной батареи. Добейтесь того, чтобы уровень шума приемника при отключенной антенне не изменялся после включения двигателя. Это будет означать, что по цепям питания не проникает помех. В большинстве современных автомобильных станций используются фильтры по питанию и они не требуют дополнительной фильтрации. В этом случае подключать станцию к бортсети автомобиля можно в любой удобной точке. Постарайтесь провод к корпусу автомобиля не делать особенно длинным и тонким.

К автомобильной антенне предъявляются настолько жесткие требования по механическим, электрическим, эстетическим и эксплуатационным параметрам, что подавляющее большинство автомобилистов используют антенны промышленного изготовления. Рынок предоставляет широкий выбор антенн, различных по цене и внешнему виду. Все типы автомобильных антенн относятся к классу антенн "Ground plane", роль заземляющей поверхности которой (противовеса) выполняет металлический кузов автомобиля. При установке на кузов из диэлектрика эти антенны утрачивают свои функциональные характеристики. Проблема может быть решена с помощью металлического листа или металлической сетки, расстилаемых на крыше кузова, но существуют и фирменные рекомендации.

Для автомобилей с пластмассовым кузовом, пластиковых катеров и мотоциклов разработаны специальные антенны типа "вертикальный полуволновый вибратор", оба плеча которого укорочены согласующими индуктивностями (рис. 10.26).

Следует иметь в виду, что наилучшие результаты по дальности связи дает полноразмерная антенна длиной $\lambda/4$ (2,75 м). Однако антенна такой длины задевает за ветки деревьев, арки, въездные ворота и т. п., поэтому изготовители антенн используют различные методы их укорочения (согласующая индуктивность в основании штыря, в середине штыря или распределенная по всей длине антенны (рис. 10.27, 10.28). Это позволяет сократить длину антенны без катастрофического ухудшения характеристик. Но и для укороченных антенн справедливо общее правило: более длинные антенны обычно эффективнее. Во всяком случае, не рассчитывайте на

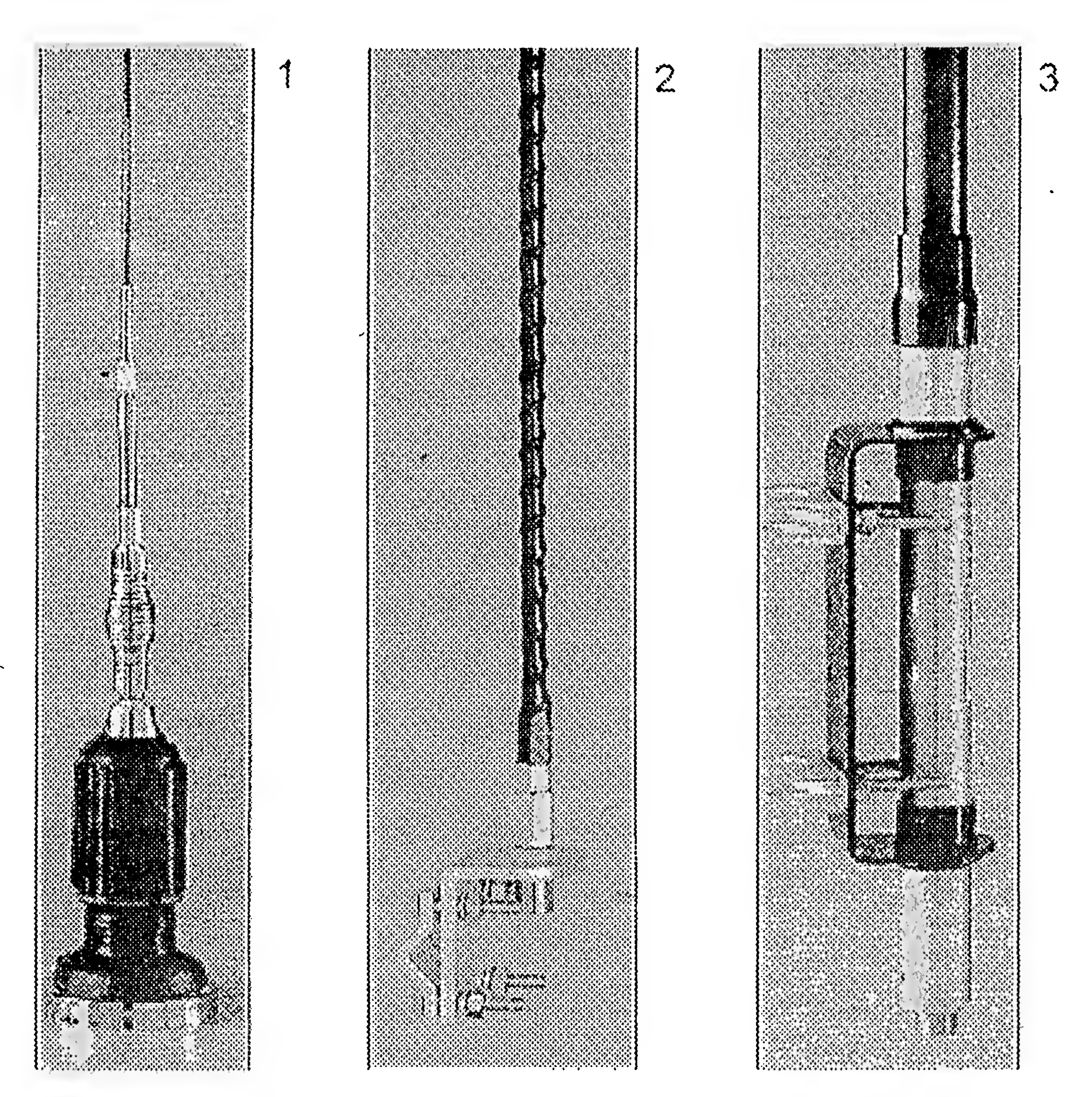


Рис. 10.26. Автомобильные Си-Би антенны: 1 – MIDLAND 18–2983 (диапазон 26,5–27,5 МГц, длина 1,1 м); 2 – BLACK MAGIC (диапазон 26,5–27,5, длина 1,22 м); 3 – MIDLAND 18–400 (диапазон 26–30 МГц, длина 1 м).

хорошие результаты при использовании антенн длиной менее 1,2 м, какой бы сложной ни была их конструкция и что бы там ни писали в рекламных проспектах.

Металлические и пластиковые (фиберглассовый или углепластиковый штырь с медным проводником внутри) антенны работают одинаково эффективно. Антенны на магнитном основании, широко представленные на рынке, имеют то преимущество, что легко убираются внутрь машины на стоянке, что предохраняет их от похищения, а сила магнита обеспечивает надежное крепление при любой скорости. Относительно длины этих антенн справедлива прежняя рекомендация. Вместе с тем, их эффективность при прочих равных условиях несколько снижена, поскольку связь экрана подводящего кабеля с кузовом-противовесом осуществляется через электрическую емкость основания на кузов, а не за счет непосредственного гальванического контакта. Для этих антенн изменение длины кабеля абсолютно недопустимо так же, как и для сдвоенных антенн (рис. 10.29, 10.30).

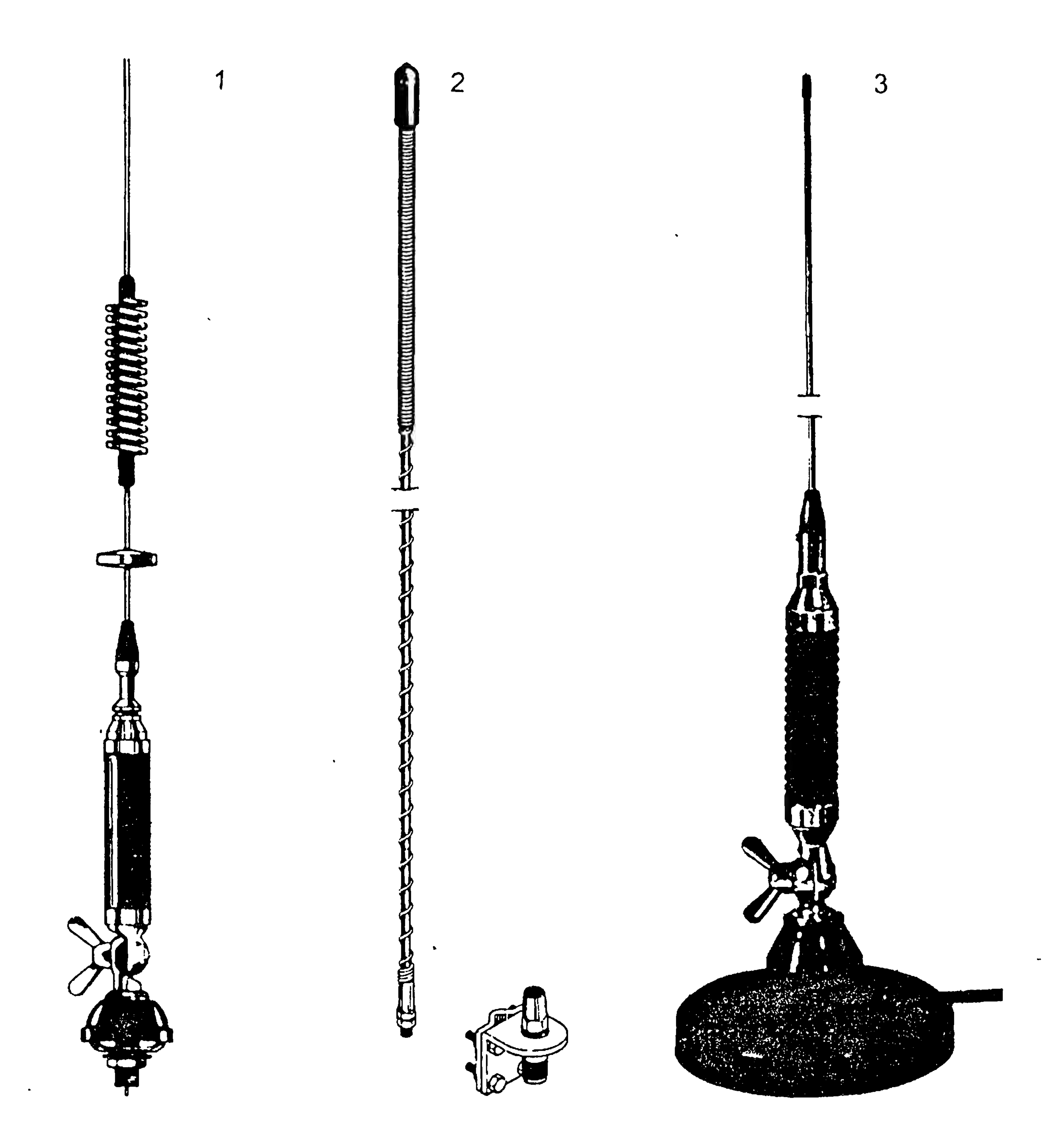


Рис. 10.27. Варианты крепления автомобильных антенн: 1 – в отверстие кузова; 2 – на кронштейне наружного зеркала; 3 – на магнитной подошве.

Автомобильная антенна должна быть настроена в резонанс на средней частоте диапазона. В большинстве случаев, настройка в резонанс достигается регулировкой длины штыря, обеспечивающей минимум КСВ в центре диапазона. Если КСВ больше на верхнем краю диапазона, длину штыря необходимо уменьшить, если на нижнем – увеличить. Антенны, электрическое укорочение которых обеспечивается распределенной по длине индуктивностью, настраиваются путем последовательного удаления витков.

Устанавливать антенну на автомобиле желательно как можно выше: на крыше или, в крайнем случае, на переднем или заднем крыле, бампер с этой точки зрения является наихудшим местом. От места установки антенны зависит ее диаграмма направленности (рис. 10.31).

При установке антенны в середине крыши, диаграмма направленности приближается к круговой. Если антенна установлена на правом краю

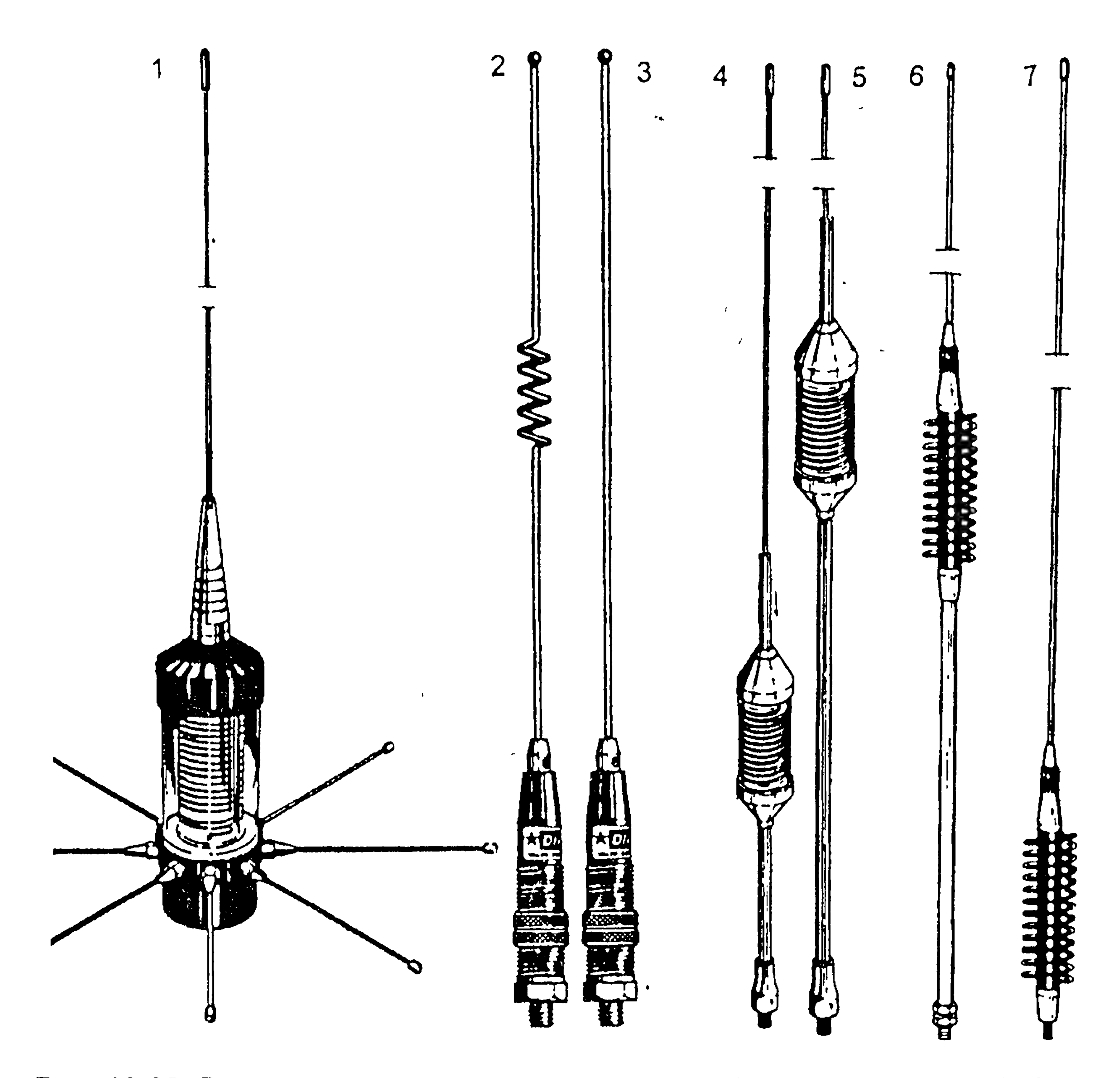


Рис. 10.28. Варианты размещения согласующей индуктивности: 1, 3, 7 – в основании антенны; 2 – в основании и средней части антенны; 4, 5, 6 – в средней части антенны.

крыши, большее усиление она дает в направлении влево от оси автомобиля, если на левом краю, то вправо.

На крупногабаритных грузовиках и фургонах часто используются системы из двух антенн, соединяемых сфазированным V-образным кабелем (рис. 10.29). Из теории антенн известно, что два одинаковых вибратора, размещенных на расстоянии полволны (5,5 м) друг от друга, дают диаграмму направленности в форме восьмерки. При этом в направлениях линии размещения антенн наблюдается резкий минимум, а в перпендикулярных направлениях наблюдается усиление на 3 дБ. Если разместить эти антенны на расстоянии, равном четверти длины волны (2,75 м) друг от друга, что соответствует максимальной ширине автомобиля (например, на зеркалах заднего вида грузовика или на крыше фургона), то эффект сложения сигналов существенно ослабляется, в результате чего такие двойные антенны работают не намного лучше идеально установленных одинарных (рис. 10.32). Вместе с тем, применение сдвоенных антенн ослабляет затенение, создаваемое высоким и широким кузовом грузовика,

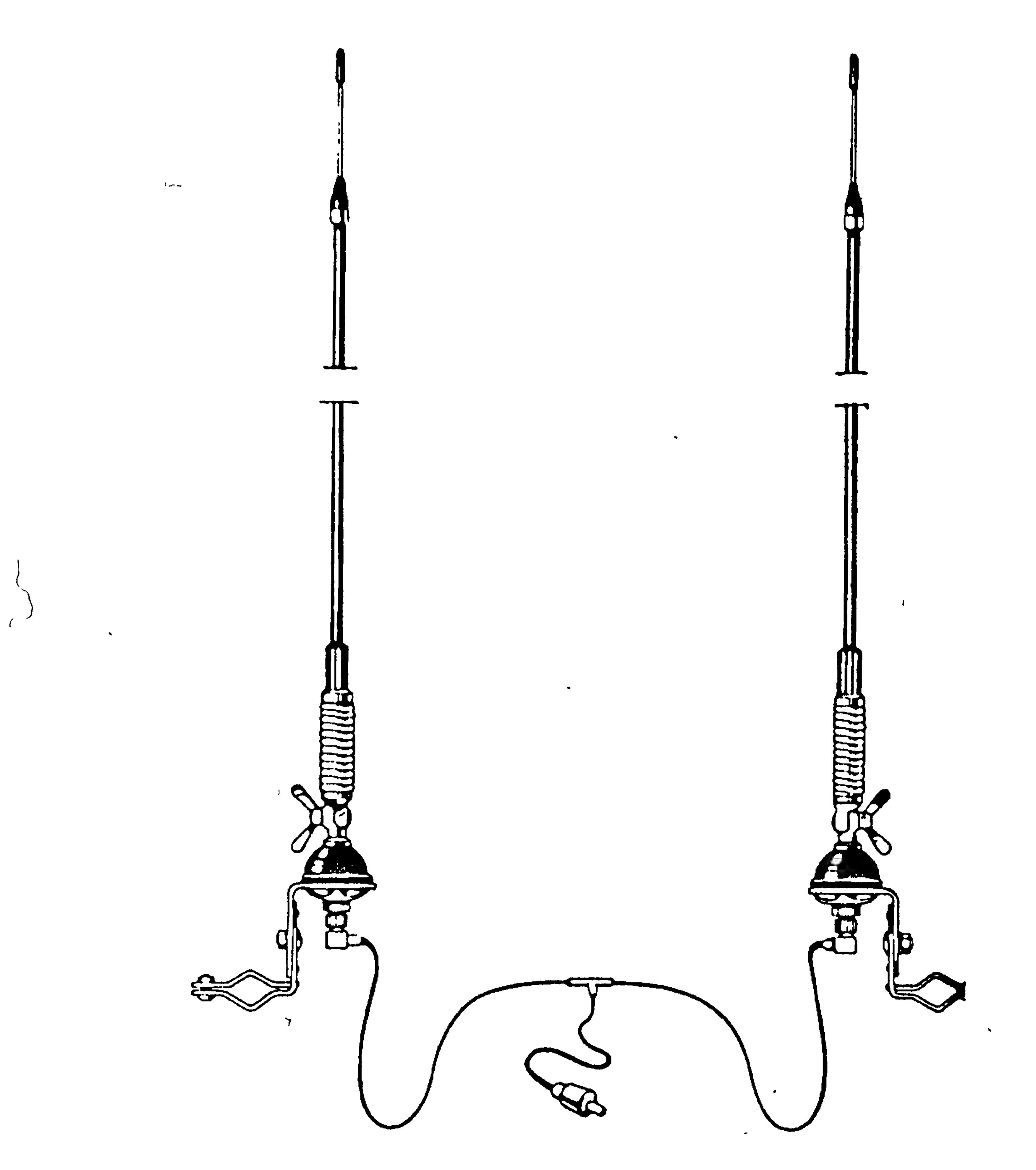


Рис. 10.29. Сдвоенная автомобильная антенна

благодаря чему несколько улучшается диаграмма направленности в направлении маршрута движения. Кабели, соединяющие двойные антенны с радиостанцией, обеспечивают согласование и фазировку антенн. Поэтому изменение их длины и волнового сопротивления недопустимо.

Виды крепления антенн можно разделить на 3 основные группы: крепление в отверстии кузова; крепление кронштейнами, устанавливаемыми на водосливной бортик крыши, багажник или зеркало; магнитные подошвы. Промышленностью выпускается широкий ассортимент аксессуаров и принадлежностей, включающих разнообразные скобы, зажимы и фиксаторы (рис. 10.33). Однако, при любых способах установки необходимо обеспечить надежный контакт антенны с кузовом, отсутствие ненадежных контактов при заделке коаксиального кабеля в разъемах (в том числе в разъемах и подпружиненных контактах салазок при съемном монтаже трансивера). Вот почему, при установке антенны в отверстии кузова необходимо зачищать краску в окрестности монтажного отверстия, а при монтаже антенны на кронштейне, фиксируемом на водосливном бортике

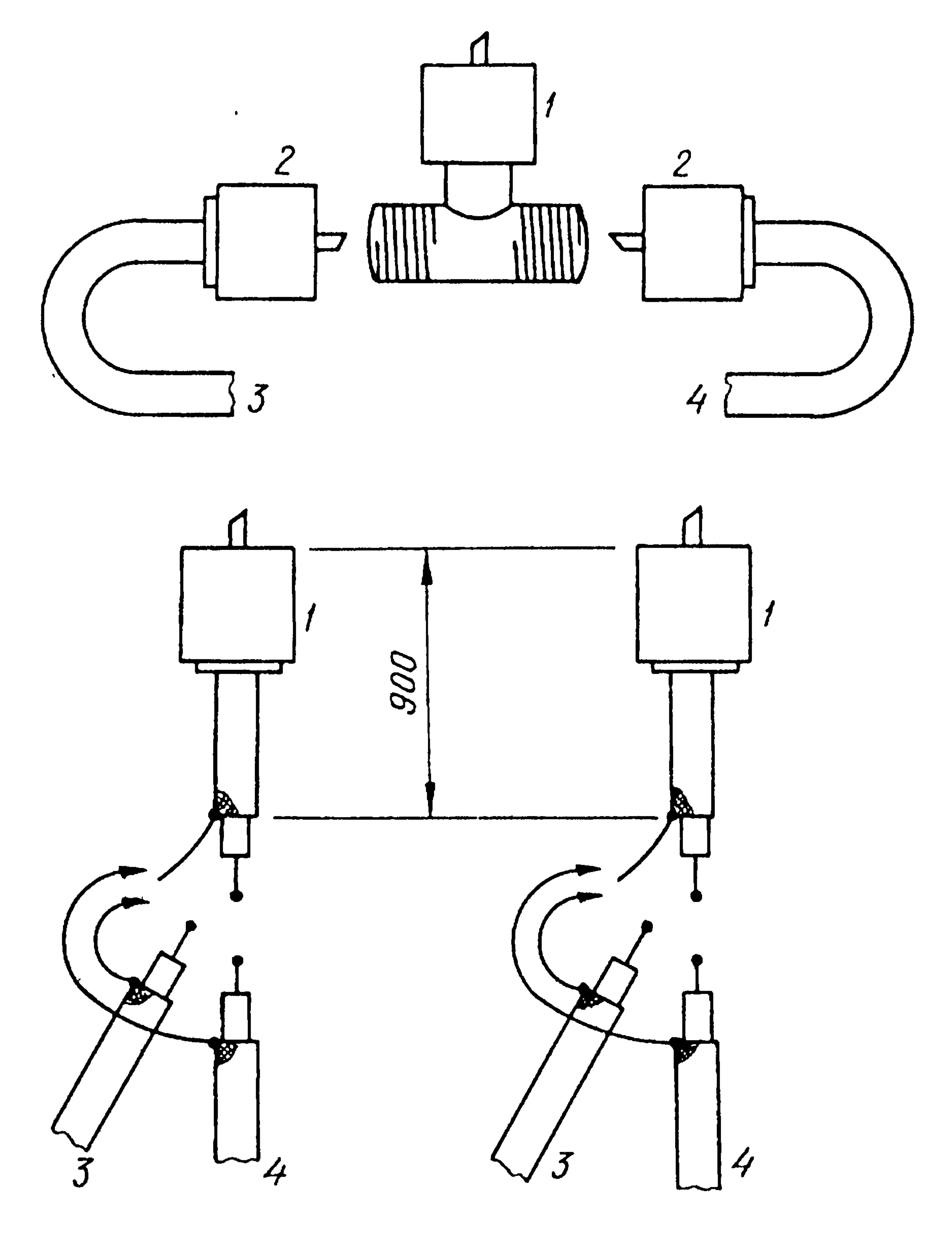


Рис. 10.30. Подключение сдвоенных автомобильных антенн: 1 – к разъему SO-239; 2 – к разъему RL-259; 3 – коаксиальный кабель (RG 59/U) к антенне; 4 – коаксиальный кабель (RG 59/U) ко второй антенне

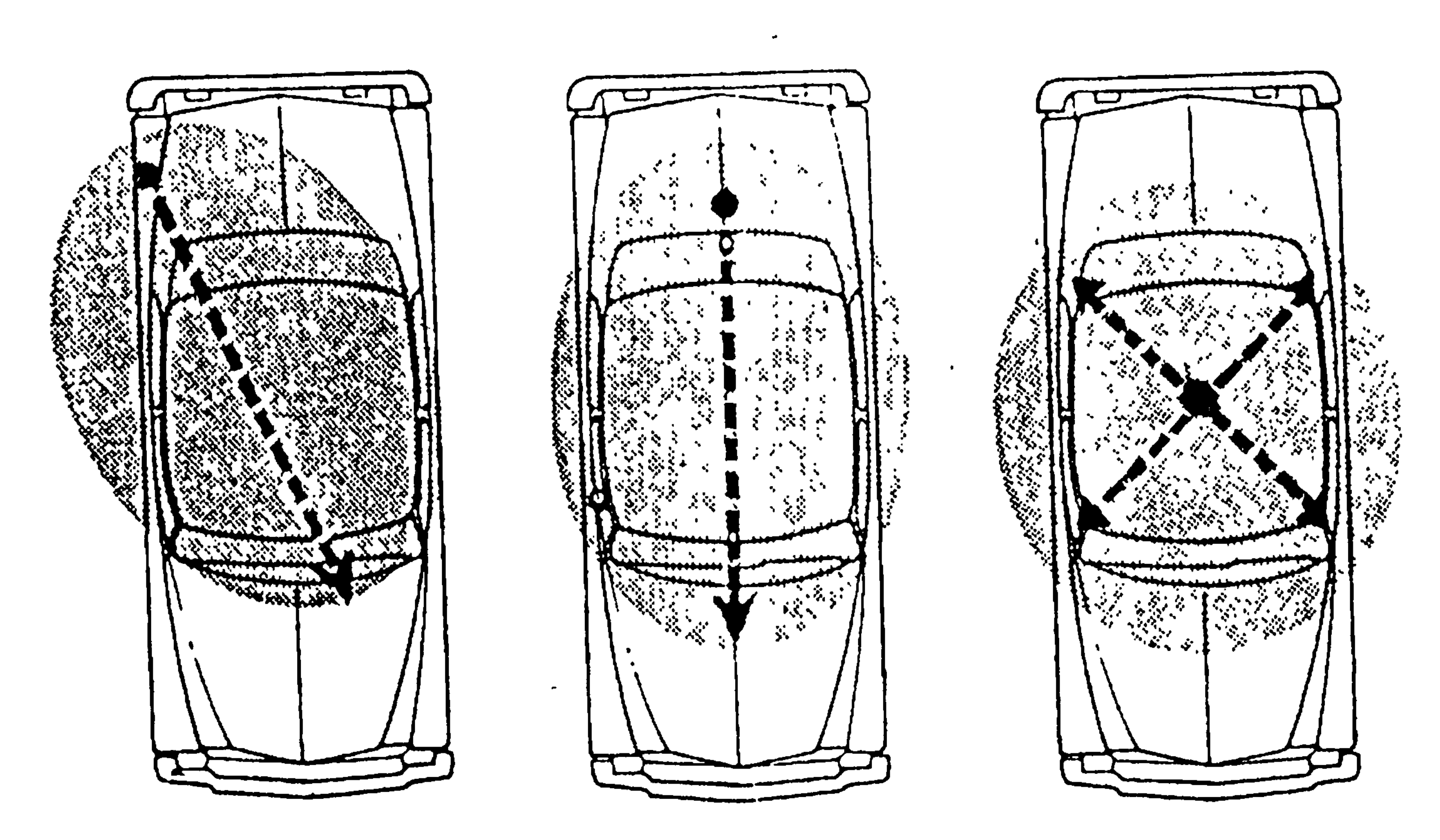


Рис. 10.31. Размещение антенн на автомобиле и их диаграммы направленности (точками обозначены места установки антенн)

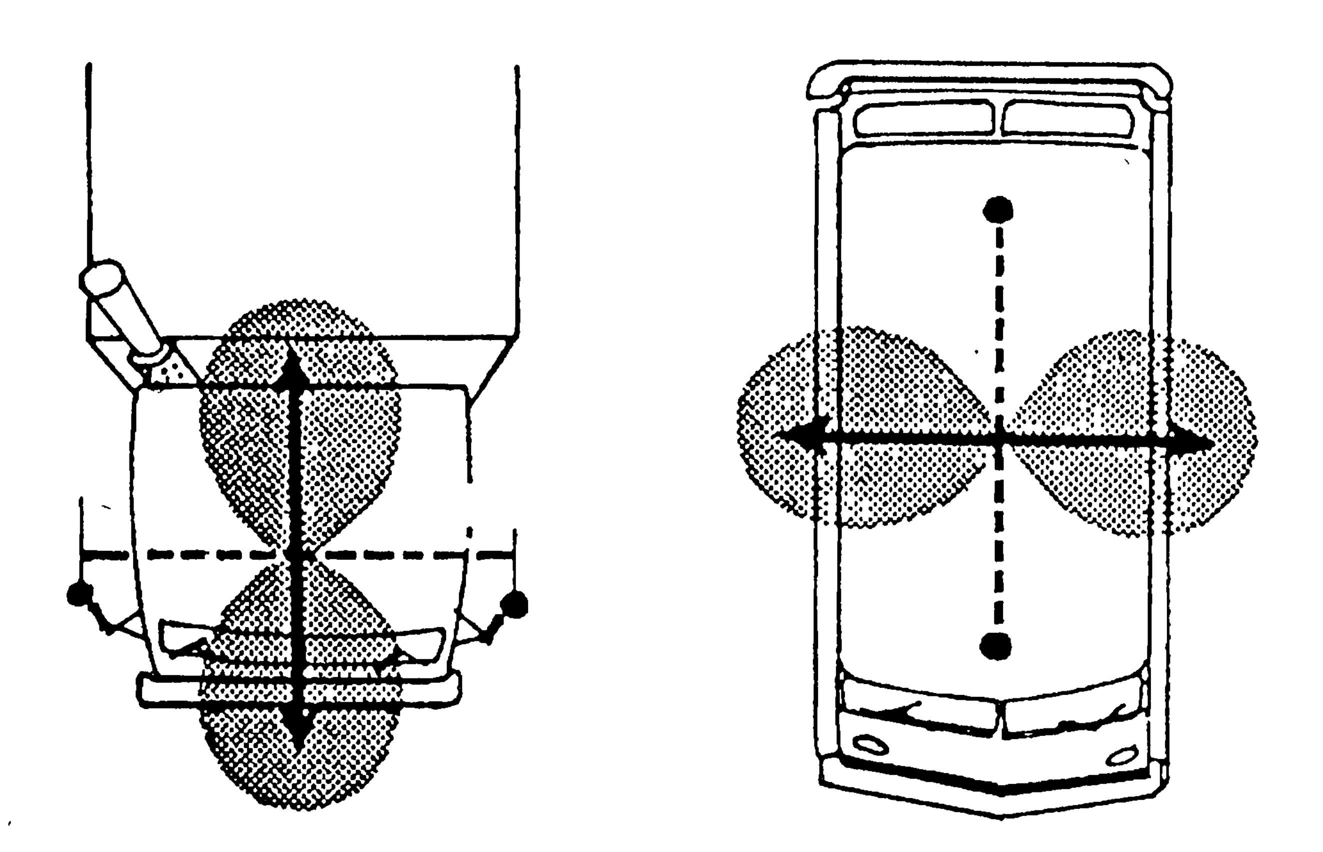


Рис. 10.32. Размещение сдвоенных антенн и их диаграммы (точками обозначены места установки антенн)

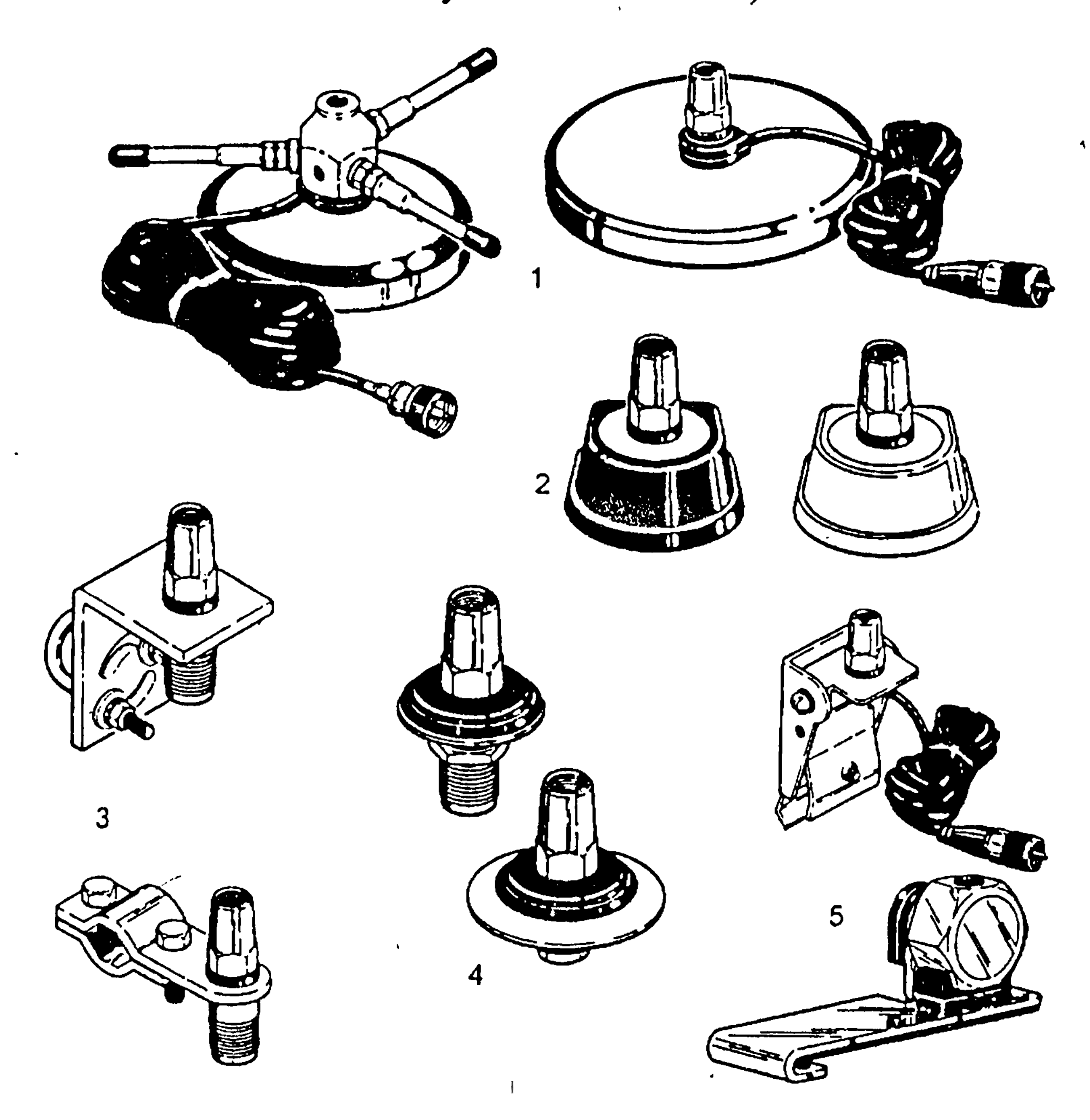


Рис. 10.33. Аксессуары для установки автомобильных антенн: 1 – магнитные подошвы; 2 – зажимы для багажника; 3 – зажимы для кронштейна наружного зеркала; 4 – крепеж для отверстий в кузове; 5 – скобы для водостока

крыши автомобиля нужно обеспечить хорошее электрическое соединение кронштейна с кузовом, зачищая краску или просверлив отверстие в водосливном бортике.

10.5. АНТЕННЫ ПОРТАТИВНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ

Антенны портативных радиостанций имеют, как правило, минимальные размеры. Это делает радиостанцию компактной и удобной в эксплуатации. Однако, ограничение геометрической длины таких антенн приводит к существенным потерям их эффективности по сравнению с полноразмерным четвертьволновым штырем и, естественно, требует хорошего согласования антенны с трансивером. Кроме того, в отличие от автомобильных антенн и, тем более, антенн базовых радиостанций, "землей" которых является металлический кузов автомобиля, мачта или противовесы, антенны портативных радиостанций не имеют полноценного заземления. Фактически роль "земли" у этих антенн выполняет тело пользователя, которое характеризуется некоторыми значениями емкостного и активного сопротивлений. Качество подобной "земли" существенно отражается на дальности радиосвязи. Так, если радиостанция находится не в руках пользователя, а расположена на поверхности стола, дальность существенно сокращается. В таких случаях желательно иметь подобие противовеса, хотя бы в виде куска провода.

Существенное значение также имеет конструкция корпуса. Материалом корпусов современных портативных радиостанций является диэлектрик – ударопрочная пластмасса. Гальванический контакт между радиостанцией и ее пользователем достигается благодаря наличию на задней стенке корпуса металлической скобы для ношения аппарата на ремне, когда скоба соединена с "землей" радиосхемы.

Согласование антенны с портативной радиостанцией обеспечивается уже описанными выше методами. Наиболее типичными конструктивными вариантами согласования входящих в стандартный комплект поставки антенн являются распределенная по длине индуктивность или индуктивность в основании антенны. Подобные антенны обеспечивают уверенную радиосвязь на расстоянии 1,0–1,5 км. Для увеличения дальности радиосвязи используют специальные удлиненные антенны, размер которых доходит до одного метра и более, чем достигается также прирост уровня принимаемого сигнала на 1–2 балла.

10.6. КОАКСИАЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ ДЛЯ АППАРАТУРЫ РАДИОСВЯЗИ

Коаксиальный кабель, изобретенный в начале столетия для прокладки трансатлантической подводной телеграфной линии связи, был модифицирован в начале тридцатых годов для использования в области радио. В настоящее время ассортимент выпускаемого кабеля насчитывает сотни различных марок.

В любительской радиосвязи используется, как правило, кабель, обладающий волновым сопротивлением 50 Ом. Современный кабель средней жесткости состоит из центрального медного проводника, окруженного слоем диэлектрика, внешняя поверхность которого покрыта медной

оплеткой (вторым проводником) и защитной оболочкой из пластика, защищающей кабель от воздействия окружающей среды. В большинстве типов кабеля в качестве диэлектрика используется полиэтилен, а в качестве внешней оболочки – поливинилхлорид (рис. 10.34). Кабель обладает обычно

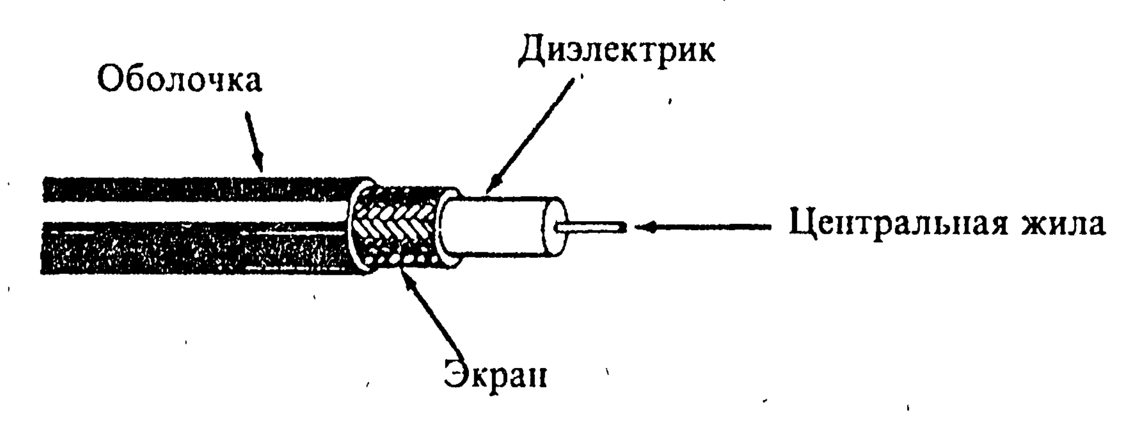


Рис. 10.34. Конструкция коаксиального кабеля

достаточной гибкостью, однако его перегибы под острыми углами (при радиусе кривизны изгиба менее 15-кратного радиуса кабеля) способны приводить, с течением времени, к усталостным изменениям центральной жилы, ее постепенному проникновению через слой диэлектрика и короткому замыканию с оплеткой. Не рекомендуется также свободное подвешивание больших участков кабеля, провисающего под собственным весом.

Хотя оболочка кабеля защищает его от воздействия влаги окружающей среды, на практике целостность оболочки не может быть проконтролирована с абсолютной надежностью. Мельчайшие повреждения поверхности приводят к капиллярному проникаанию влаги внутрь кабеля и к потере его электрических характеристик. Поэтому радиолюбителям следует избегать прокладки кабеля как под водой, так и под землей, тогда как пребывание кабеля под дождем вполне допустимо. Наиболее слабым местом кабеля, подверженного воздействию влаги, являются его концы или точки соединения, в том числе разъемы. Капиллярное проникание влаги приводит к окислению и постепенному разрушению оплетки и центральной жилы. Для герметизации стыков кабеля используются как специальные герметики (например Coax Seal), так и обычный пластилин. Существуют также влагозащищенные (но не водостойкие) коаксиальные разъемы UG-21/U, которые могут быть использованы вместо популярных, но не защищенных от влаги разъемов PL-259 и SO-239.

Следует отметить, что паяные соединения отрезков кабеля обладают измененным волновым сопротивлением и являются источником отраженных волн. Поэтому разъемные соединения (PL-259 – PL-258 – PL-259) выглядят предпочтительнее.

Для спецификации коаксиального кабеля используется система кодов и/или обозначений стандартов оборонной промышленности. Марки кабеля, удовлетворяющие требованиям американской военной промышленности (стандарт (MIL-C-17D), маркируются аббревиатурой "RG" (означающей Radio Guide, т. е. "волновод"), за которой указывается числовой код, и далее, возможно, символ "U" ("Utility" – для прикладных задач). Перечень наиболее известных типов кабеля приведен в таблицах 10.6 и 10.7, в том

числе широко распространенный RG-8/U и более современный кабель RG-213/U, разработанный в соответствии с современными требованиями стандартов NATO (волновое сопротивление 50 Ом). Несколько большими потерями характеризуется семейство кабелей RG-58/U (волновое сопротивление 50 Ом или 53,5 Ом), выпускаемых с различными типами оплетки и наружной оболочки. Наибольшими потерями вплоть до 1 ГГц характеризуется подсемейство модели RG-8/U, обладающее волновым сопротивлением 50 Ом ("Duobond", 9913, CQ 1001, CQ 1002). Для прокладки под землей может быть рекомендована марка кабеля "Bury-8", а для подключения к вращающимся элементам антенн – сверхгибкий кабель "Flexi-4XL".

Важным компонентом кабеля является материал его оболочки. Оболочка большинства моделей кабеля изготовлена из черного поливинилхлорида, обеспечивает срок службы кабеля 5 лет и маркируется Class I. Более дорогой материал, также относящийся к ПВХ, обеспечивает долговечность не менее 10–15 лет, защиту от ультрафиолетового излучения и маркируется Class IIA. Маркировка оболочки Class IX означает высокую устойчивость к воздействию окружающей среды, химическую инертность и термостойкость до 200 градусов (материал оболочки – разновидность тефлона). В качестве диэлектрика в различных моделях кабеля используется пенополиэтилен (Foamed PE) или вспененный полиэтилен (Air PE), обеспечивающий улучшенную влагозащищенность.

Таблица 10.6

Коаксиальные кабели, выпускаемые отечественной промышленностью

Марка кабеля	Внутренняя жила	Волновое сопротивление W, Ом	Затухание, дБ/м на частоте		Диаметр D, мм
			10 МГц	100 МГц	
РК-50-2-11 (РК-119)	Однопроволочная	50±2	0,05	0,18	4,0±0,3
РК-50-2-13 (РК-19)	"	50±2	0,05	0,18	4,0±0,3
РК-50-3-11 (РК-159)	"	50±2	0,04	0,13	5,3±0,3
РК-50-3-13 (РК-55)	"	50±2	0,03	0,13	5,0±0,3
РК-50-4-11 (РК-129)	"	50±2	0,03	0,10	9,6±0,6
РК-50-4-13 (РК-29)	"	50±2	0,03	0,10	9,6±0,6
РК-50-7-11 (РК-147)	Многопроволочная	50±2	0,02	0,08	10,3±0,6
РК-50-7-15 (РК-47)	"	50±2	0,02	0,08	10,3±0,6
РК-50-7-12 (РК-128)	"	50±2	0,02	0,09	11,2±0,7
РК-50-7-16 (РК-28)	"	50±2	0,02	0,09	11,2±0,7
РК-50-11-11 (РК-148)	"	50±2	0,018	0,06	14,0±0,8
РК-50-11-13 (РК-48)	"	50±2	0,018	0,06	14,0±0,8
РК-75-4-11 (РК-101)	Однопроволочная	75±3	0,032	0,10	7,3±0,4
РК-75-4-15 (РК-1)	"	75±3	0,032	0,10	7,3±0,4

Примечание: Таблица содержит данные, приводимые заводами-изготовителями. Для оценки затухания на частоте 27 МГц может быть использована линейная интерполяция или способ, приведенный в разделе 10.2.

Таблица 10.7

Коаксиальные кабели, выпускаемые за рубежом

Марка кабеля	Волновое сопротивление, Ом	Коэффициент укорочения	Затухание, дБ, 100 м кабеля при 100 МГц	Материал диэлектрика	Тип оболочки	Наружный диаметр, мм (дюйм)
RG-8	52	0,66	7,2	PE	I	10,3 (0,405)
RG-8	50	0,78	5,9	Foam	I	10,3 (0,405)
Type				PE		
RG-8A	52	0,66	12,13	PE	IIA	10,3 (0,405)
RG-8X	52	0,78	12,13	Foam	I	6,5 (0,242)
RG-8M				PE		
Flex	50	0,84	4,26	AIR	IIA.4	10,3 (0,405)
4XL				PE		
Belden	50	0,84	4,26	AIR	I	10,3 (0,405)
9913				PE		
BURY-8	50	0,78	12,13	Foam	IIIA	10,3 (0,405)
RG-213	50	0,66	7,2	PE	IIA	10,3 (0,405)
RG-58	53,5	0,66	16,07	PE	I	4,95 (0,195)
RG-58A	50	0,66	16,07	PE	I	4,95 (0,195)
		0,78	14,75	Foam		
RG-59	73	0,66	11,15	PE	I	6,5 (0,242)
RG-59B	75	0,66	11,15	PE	I	6,5 (0,242)
Type	80	0,78	9,51	Foam	I	6,15 (0,242)

10.7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Двусторонний радиообмен требует тщательной настройки антенно-фидерной системы, обеспечивающей ее согласование с выходными каскадами трансивера. Настроечным элементом антенн является их электрическая длина, для изменения которой регулируется геометрическая длина излучателя, либо параметры согласующей индуктивности. Для контроля этой процедуры используются разнообразные измерительные приборы, регистрирующие коэффициент стоячей волны антенно-фидерной системы (КСВ, SWR – standing wave ratio), мощность сигнала, излучаемого трансивером, напряженность электрического поля. Наряду с перечисленными устройствами в радиолюбительской практике находят широкое применение нагрузки-эквиваленты, устройства измерения девиации частоты или глубины амплитудной модуляции, частотомеры, устройства согласования, антенные усилители и коммутаторы, фильтры внеполосных излучений и др.

Простейшие измерители КСВ представляют собой компактный одношкальный прибор со стрелочным индикатором, применяемый как при установке базовых и автомобильных радиостанций, так и для профилактического контроля состояния их антенно-фидерных систем. Абсолютная точность измерений подобных изделий довольно низка (погрешность не менее 15–25 %), однако ее вполне достаточно для настройки антенны, обеспечивающей минимальный уровень КСВ. Для более точной настройки

используют приборы более высокого класса точности (и стоимости). Как правило, они дополнительно обеспечивают регистрацию мощности выходного сигнала трансивера в диапазоне до 100 Вт и более при погрешности измерения КСВ в пределах 10 %.

Чрезвычайно полезной функцией является регистрация уровня напряженности поля излучения антенны, поскольку именно эта величина, в конечном счете, влияет на дальность радиосвязи и качество радиосигнала.

Следует отметить, что отклонения КСВ от идеального значения (КСВ = 1,0) сравнительно слабо влияют на "отдачу" излучателя.

Таблица 10.8

Влияние КСВ на излучаемую мощность

КСВ	Относительная мощность излучения, %
1,0	100 %
1,5	96 %
2,0	89 %
3,0	75 %

Указанные потери мощности на слух практически неощутимы. Однако, рассогласование антенны существенно влияет на режим работы трансивера и/или антенно-согласующих устройств. Вот почему, тщательная настройка антенны и контроль ее состояния – обязательный ритуал, соблюдение которого способно уберечь владельцев аппаратуры персональной радиосвязи от дорогостоящего ремонта.

Наиболее предусмотрительные пользователи придерживаются постоянного включения контрольно-измерительной аппаратуры в антенно-фидерный тракт трансивера, что позволяет избежать последствий различного рода неприятных сюрпризов, которыми столь богата окружающая жизнь (снятие антенны "радиолюбителями" трофеев, повреждения кабеля при ремонте крыши и сбрасывании снега, падение мачты из-за ветра и обледенения – всего не перечислить). При этом открывается возможность подстройки антенно-фидерной системы с помощью антенно-согласующих устройств непосредственно с рабочего места оператора радиостанции (компенсация дрейфа КСВ, обусловленного метеоусловиями или изменением диапазона частот радиосвязи).

Менее обязательны для повседневной практики, однако чрезвычайно удобны для обладателей аппаратуры, работающей в различных частотных стандартах (например, "российском" и "международном"), компактные частотомеры, включаемые последовательно с антенной и позволяющие фиксировать с точностью до сотен герц частоту выходного сигнала трансивера.

Применение антенных предусилителей (усилителей принимаемого сигнала) может быть рекомендовано в удаленных районах, где дальность радиосвязи определяется преимущественно затуханием передаваемого радиосигнала. В крупных городах и индустриальных районах дальность радиосвязи ограничивается преимущественно промышленными и бытовыми радиопомехами, в том числе, внеполосным излучением других корреспондентов, работающих в эфире. В этих условиях антенные предусилители сравнительно малоэффективны, поскольку, пропорционально усиливая как сигнал, так и шум, они не обеспечивают заметного улучшения радиосвязи.

11. ГДЕ ПРОКОНСУЛЬТИРОВАТЬСЯ ПО АНТЕННЕ

По вопросам выбора и изготовления антенны, а также по любым вопросам радиотехники и телевидения можно обращаться в Письменную радиотехническую консультацию Центрального радиоклуба РФ им. Э.Т. Кренкеля по адресу: 123459, Москва, Походный проезд, 23.

Радиотехническая консультация помимо конкретных советов может рекомендовать источник литературы и выслать ксерокопию нужной статьи. Даются разъяснения работы каскадов, узлов и радиоаппарата в целом, рекомендации по замене радиодеталей, в том числе радиолампы, транзистора или микросхемы. Сообщаются цоколевки радиоламп, транзисторов, микросхем, электронно-лучевых трубок, а также их технические характеристики. Даются советы по устранению возникшей неисправности в радиоаппарате. Выполняются простейшие радиотехнические расчеты.

Для получения консультации заказчик должен как можно подробнее изложить свой вопрос. Для получения совета по устранению неисправности нужно подробно описать, как эта неисправность проявляется. Консультация является платной, но по вполне доступным ценам, которые сообщаются заказчику при его первом обращении. Срок высылки ответа заказчику обычно не превышает одного месяца с момента поступления заказа. Для этого заказчик в письмо должен вложить конверт с надписанным своим адресом и наклеенными марками, соответствующими действующему почтовому тарифу.

По вопросам гражданской радиосвязи Си-Би диапазона можно обращаться в Ассоциацию-27 письменно по адресу: 119034, Москва, ул. Пречистенка, 38, а также лично или по телефонам (095) 203-39-81, (095) 247-03-68 в рабочие дни с 11 до 17 час. 30 мин., а по факсу (095) 203-39-81 круглосуточно.

Для получения оперативной консультации по вопросам выбора, установки и настройки антенн, модификации, ремонта и регистрации аппаратуры Ассоциация-27 предоставляет в Москве канал 27 С Российского стандарта ЧМ или соответствующие контактные каналы в регионах. Контактный канал в Москве действует круглосуточно и бесплатно, что позволяет владельцам аппаратуры в типовых ситуациях выполнить установку, контроль и диагностику, сформулировать рекомендации по эксплуатации и технике безопасности. Этим достигается повышение технической культуры эксплуатации средств Си-Би радиосвязи и, следовательно, улучшение окружающей электромагнитной обстановки.

Приложение 1

О выделении дополнительных полос радиочастот в диапазоне 27 МГц для радиостанций личного пользования (Решение ГКРЧ России от 29 августа 1994 г., протокол № 23/2)

Учитывая повышенный интерес к радиосвязи в диапазоне 27 МГц, проявляемый отдельными гражданами и юридическими лицами Российской Федерации, а также реальную обстановку, сложившуюся с использованием этого диапазона в крупных городах Российской Федерации;

Признавая целесообразность предоставления более широкой возможности применения радиостанций диапазона 27 МГц отечественного и зарубежного производства для удовлетворения потребностей граждан и юридических лиц;

Отмечая необходимость улучшения эксплуатационно-технических характеристик радиостанций диапазона 27 МГц для удовлетворения этих потребностей, Государственная комиссия по радиочастотам при Министерстве связи Российской Федерации РЕШАЕТ:

1. В дополнение к ранее принятым решениям ГКРЧ России, касающимся радиостанций диапазона 27 МГц, разрешить использование на вторичной основе полос радиочастот 26970–27410 кГц и 27410–27860 кГц для разработки, серийного производства, закупки по импорту и эксплуатации на территории Российской Федерации радиостанций типа БЗЕ/СВ, Д/СВ с техническими характеристиками согласно приложению № 1.

2. Внести в Перечень типовых характеристик радиостанций диапазона 27 МГц, утвержденный решением ГКРЧ России от 25.11.91 г. (Протокол № 199), дополнения согласно приложениям к настоящему решению № 1, № 2.

3. Предоставить право использования всех типов радиостанций диапазона 27 МГц как отдельными гражданами, так и юридическими лицами при наличии соответствующего разрешения Главного управления Государственного надзора за связью в Российской Федерации при Министерстве связи Российской Федерации (Главгоссвязьнадзор России).

4. Возложить на Главгоссвязьнадзор России оформление разрешений юридическим лицам на разработку, серийное производство отечественных радиостанций личного пользования типа БЗЕ/СВ, Д/СВ, а также на закупку по импорту и ввоз на территорию России зарубежных радиостанций подобных типов при условии, что технические характеристики этих радиостанций будут соответствовать Перечню типовых характеристик согласно приложению № 1.

Оформление на приобретение и эксплуатацию указанных радиостанций гражданами и юридическими лицами осуществляется Главгоссвязьнадзором России.

Приложение № 1 к решению ГКРЧ России от 29.08.94.

ПЕРЕЧЕНЬ
типовых характеристик радиостанций диапазона 27 МГц

№№ пп	Наименование параметров	Типы радиостанций	
		Б3Е/СВ	Д/СВ
1.	Диапазон радиочастот, кГц	26970–27410	27410–27860
2.	Класс излучения	A3E, F3E, J3E	A3E, F3E, J3E
3.	Мощность несущей передатчика для класса излучения F3E, Вт, не более	10	10
4.	Пиковая мощность передатчика для классов излучения A3E, J3E, Вт, не более	10	10
5.	Уровень несущей и боковой полосы передатчика для класса излучения J3E, –дБ, не более	–40	–40
6.	Число частотных каналов	1–44	1–40
7.	Частотный разнос между соседними каналами, кГц	10	10
8.	Девиация частоты передатчика для класса излучения F3E, кГц	1,8	1,8
9.	Полоса частот модуляции, Гц	300–2700	300–2700
10.	Ширина полосы частот излучения передатчика на уровне –30 дБ, кГц, не более:		
	а) для класса излучения F3E	9	9
	б) для класса излучения A3E	10,3	10,3
	в) для класса излучения J3E	4,3	4,3
11.	Отклонение частоты передатчика и гетеродина приемника от номинального значения, не более		
	а) для классов излучения A3E и F3E	$50 \cdot 10^{-6}$	$50 \cdot 10^{-6}$
	б) для класса излучения J3E	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
12.	Уровень побочных излучений передатчика, –дБ, не более	40	40
13.	Чувствительность приемника при отношении с/ш 12 дБ, мкВ, не хуже	10	10
14.	Избирательность приемника по соседнему каналу, –дБ, не менее	40	40
15.	Избирательность приемника по побочным каналам приема, –дБ, не менее	40	40
16.	Интермодуляционная избирательность приемника, –дБ, не менее	40	40

Примечания: 1. Условная нумерация и номинальные значения частотных каналов радиостанций приведены в приложении № 2.

2. Допускается разработка радиостанций с мощностью передатчика менее 10 Вт, а также радиостанций с классом излучения только A3E, только J3E, только F3E или с несколькими классами излучений.

3. В режиме J3E может использоваться верхняя или нижняя боковая полоса частот.

4. В одноканальных радиостанциях может использоваться любая радиочастота соответствующего диапазона, кроме номинала частоты 27065 кГц.

5. В многоканальных радиостанциях типа Б3Е/СВ обязательно наличие частоты 27065 кГц (канал № 9 – бедствия и безопасности).

Условная нумерация и номинальные значения частотных каналов радиостанций диапазона 27 МГц

№№ каналов	Типы радиостанций		№№ каналов	Типы радиостанций	
	БЗЕ/СВ	Д/СВ		БЗЕ/СВ	Д/СВ
1	–	27,415	74	27,195	
2	26,975	27,425	20	27,205	27,655
3	26,985	27,435	21	27,215	27,665
56	26,995		22	27,225	27,675
4	27,005	27,455	23	27,255	27,705
5	27,015	27,465	24	27,235	27,685
6	27,025	27,475	25	27,245	27,695
7	27,035	26,485	26	27,265	27,715
62	27,045		27	27,275	27,725
8	27,055	27,505	28	27,285	27,735
9	27,065	27,515	29	27,295	27,745
10	27,075	27,525	30	27,305	27,755
11	27,085	27,535	31	27,315	27,765
68	27,095		32	27,325	27,775
12	27,105	27,555	33	27,335	27,785
13	27,115	27,565	34	27,345	27,795
14	27,125	27,575	35	27,355	27,805
15	27,135	27,585	36	27,365	27,815
70	27,145		37	27,375	27,825
16	27,155	27,605	38	27,385	27,835
17	27,165	27,615	39	27,395	27,845
18	27,175	27,625	40	27,405	27,855
19	27,185	27,635			

Примечания: 1. Частотные каналы с № 1 по № 40 – соответствуют международной нумерации, а каналы № 56, 62, 68, 70, 74 –национальной нумерации.

2. Канал № 9 (27065 кГц) станций БЗЕ/СВ является каналом бедствия и безопасности.

3. Канал № 19 (27185 кГц) станций БЗЕ/СВ рекомендуется использовать в качестве информационного канала для автомобилистов.

Частоты каналов международного стандарта (в МГц)

	A	B	C	D	E
1	26,065	26,515	26,965	27,415	27,865
2	26,075	26,525	26,975	27,425	27,875
3	26,085	26,535	26,985	27,435	27,885
4	26,105	26,555	27,005	27,455	27,905
5	26,115	26,565	27,015	27,465	27,915
6	26,125	26,575	27,025	27,475	27,925
7	26,135	26,585	27,035	27,485	27,935
8	26,155	26,605	27,055	27,505	27,955
9	26,165	26,615	27,065	27,515	27,965
10	26,175	26,625	27,075	27,525	27,975
11	26,185	26,635	27,085	27,535	27,985
12	26,205	26,655	27,105	27,555	28,005
13	26,215	26,665	27,115	27,565	28,015
14	26,225	26,675	27,125	27,575	28,025
15	26,235	26,685	27,135	27,585	28,035
16	26,255	26,705	27,155	27,605	28,055
17	26,265	26,715	27,165	27,615	28,065
18	26,275	26,725	27,175	27,625	28,075
19	26,285	26,735	27,185	27,635	28,085
20	26,305	26,755	27,205	27,655	28,105
21	26,315	26,765	27,215	27,665	28,115
22	26,325	26,775	27,225	27,675	28,125
23	26,355	26,805	27,255	27,705	28,155
24	26,335	26,785	27,235	27,685	28,135
25	26,345	26,795	27,245	27,695	28,145
26	26,365	26,815	27,265	27,715	28,165
27	26,375	26,825	27,275	27,725	28,175
28	26,385	26,835	27,285	27,735	28,185
29	26,395	26,845	27,295	27,745	28,195
30	26,405	26,855	27,305	27,755	28,205
31	26,415	26,865	27,315	27,765	28,215
32	26,425	26,875	27,325	27,775	28,225
33	26,435	26,885	27,335	27,785	28,235
34	26,445	26,895	27,345	27,795	28,245
35	26,455	26,905	27,355	27,805	28,255
36	26,465	26,915	27,365	27,815	28,265
37	26,475	26,925	27,375	27,825	28,275
38	26,485	26,935	27,385	27,835	28,285
39	26,495	26,945	27,395	27,845	28,295
40	26,505	26,955	27,405	27,855	28,305

ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИГНАЛОВ КОРРЕСПОНДЕНТОВ ПО ШКАЛЕ RSM

Для информации корреспондента об условиях приема его сигналов и о качестве самих сигналов во время телефонной радиосвязи передается комбинация из трех символов (RSM), оценивающая разбираемость сигнала (R – англ. readability) по пятибальной шкале, силу сигналов (S – англ. strength) по девятибальной шкале и качество модуляции (M – англ. modulation) по пятибальной шкале.

Шкала R.
1 – Неразборчиво, прием невозможен;
2 – Едва разборчивы отдельные слова, прием практически невозможен;
3 – Разборчиво с большим трудом (30–50 %);
4 – Достаточно разборчиво (50–80 %);
5 – Совершенно разборчиво (100 %).

Шкала S.
1 – Едва слышно, прием невозможен;
2 – Очень слабые сигналы, прием практически невозможен;
3 – Очень слабые сигналы, прием с большим напряжением;
4 – Слабые сигналы, прием с небольшим напряжением;
5 – Удовлетворительные сигналы, прием почти без напряжения;
6 – Хорошие сигналы, прием без напряжения;
7 – Умеренно громкие сигналы;
8 – Громкие сигналы;
9 – Очень громкие сигналы.

Шкала M.
1 – Очень большие искажения, прием невозможен;
2 – Большие искажения, прием с большим трудом;
3 – Заметные искажения;
4 – Небольшие искажения;
5 – Искажения отсутствуют.

В большинстве случаев пользователи Си-Би аппаратуры, как правило, дают цифровую оценку только по шкале S, остальное словами.

Приложение 4

ИЗ УСТАВА ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ "АССОЦИАЦИЯ-27"

1.1. Общественная организация "Ассоциация-27", именуемая в дальнейшем Ассоциация, является неправительственной добровольной самоуправляемой общественной организацией, созданной для содействия всемерному развитию в России системы радиосвязи гражданского назначения (далее сокращенно – РГН), позволяющей обеспечить физических и юридических лиц надежной связью, в том числе в экстремальных условиях; обеспечения информационно-образовательной работы с пользователями средств РГН; популяризации научных и технических достижений в данной области; содействия упорядочению использования частотного диапазона, выделенного для работы средств РГН; установления и развития внутрироссийских и международных связей в указанных областях. Ассоциация осуществляет свою деятельность на территории г. Москвы в соответствии с законом "Об общественных объединениях", действующим законодательством РФ и настоящим Уставом.

2. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ, ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Основные цели и задачи Ассоциации:

– защита прав и интересов членов Ассоциации и пользователей РГН;

– содействие организации и развитию в регионах России сети радиосвязи гражданского назначения, обеспечивающей надежную связь, в том числе в экстремальных условиях, имея в виду ограниченное развитие и труднодоступность других средств оперативной связи общего пользования; оказание содействия в оснащении городов и сельских областей необходимыми техническими средствами, формирование рынка услуг в области РГН;

– содействие в формировании законодательной базы в области РГН;

– содействие развитию российских средств РГН; содействие привлечению на российский рынок фирм и организаций, потенциально способных оказать помощь в решении этой задачи;

– содействие защите российского рынка средств РГН от импорта и/или распространения морально устаревших технических средств и технологий, а также средств, не обеспечивающих требуемых параметров и не соответствующих требованиям норм электромагнитной совместимости (ЭМС) в пределах выделенного для целей РГН частотного диапазона;

– в установленном законом порядке содействие службам Государственной инспекции электросвязи (ГИЭ)* в выявлении и пресечении деятельности незаконно действующих средств в диапазоне РГН, а также аппаратуры, нарушающей требования норм ЭМС;

– содействие защите жизни и собственности жителей России, а также имущества всех видов собственности путем использования сетей РГН;

* Ныне – Главгоссвязьнадзор

– организация содействия повышению технической грамотности и культурно-эстетического уровня пользователей средств РГН.

2.2. Для достижения своих целей Ассоциация осуществляет научно-техническую, производственно-хозяйственную, правовую, издательскую, консалтинговую, просветительскую деятельность:

в установленном законом порядке:

– изучает мировой и российский рынок средств связи, привлекая для этой цели международные и российские организации, а также отдельных граждан вне зависимости от гражданства;

– готовит проекты нормативных документов в области РГН, в том числе определяющих порядок производства, сертификации, продажи, приобретения, регистрации, импорта, установки, эксплуатации средств РГН;

– осуществляет техническую независимую экспертизу, содействует организации адаптации, разработки и внедрения новых конструкций и моделей аппаратуры, включая антенно-фидерные системы для средств РГН;

– может предоставлять службам ГИЭ и правоохранительным органам информацию в отношении физических и юридических лиц, использующих аппаратуру РГН для создания помех или нарушающих правила пользования диапазоном РГН, для принятия к ним мер, предусмотренных законодательством Российской Федерации;

– содействует надежной оперативной радиосвязи граждан и организаций с дежурными спецслужбами государственного и муниципального подчинения (милицией, автоинспекцией, пожарной охраной, скорой медицинской помощью, аварийно-восстановительными, техническими, сервисными службами) и другими службами;

– ведет учебно-консультативную работу, издает и распространяет необходимую информационно-техническую и рекламную печатную продукцию;

– поддерживает различные формы научно-технического сотрудничества, способствуя развитию наиболее эффективных форм;

– осуществляет издательскую деятельность, а также учреждает или принимает участие в учреждении средств массовой информации в соответствии с действующими законами Российской Федерации;

– осуществляет финансирование работ, направленных на решение уставных задач, в том числе на разработку и модернизацию средств РГН;

– проводит выставки, семинары, конференции и симпозиумы по вопросам деятельности Ассоциации или представляющих интерес для пользователей средств РГН; освещает деятельность Ассоциации в средствах массовой информации;

– осуществляет международные неправительственные контакты по вопросам организации, эксплуатации и совершенствования средств РГН; информационно-технический обмен на внутреннем и международном уровнях;

– осуществляет иную деятельность, способствующую решению стоящих перед Ассоциацией задач, не противоречащую законодательству Российской Федерации и настоящему Уставу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абрамович В.А. Как находить и устранять неисправности в телевизорах. – М.: ДОСААФ, 1962.

Абрамович В.А. Повышение чувствительности телевизоров. – Радио, 1961, № 9, с. 21–23.

Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г., Терешин О.Н. Антенны УКВ. – М.: Связь, 1977.

Айзенберг Г.З., Ямпольский В.Г. Пассивные ретрансляторы для радиорелейных линий. – М.: Связь, 1973.

Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972.

Игловский И.Г., Владимиров Г.В. Справочник по электромагнитным реле. – Л.: Энергия, 1975.

Кириллов П., Литвак И. Самолетная ретрансляция. – Радио, 1957, № 11, с. 38–39.

Комок А. Антенный усилитель ДМВ-диапазона. – Радиолюбитель, 1993, № 5, с. 2.

Ломозова Н.З., Сорокина Т.М. Прием телевидения в дециметровом диапазоне волн. – М.: Связь, 1971.

Нечаев И. Телевизионный антенный усилитель. – Радио, 1992, № 6, с. 38–39.

Никитин В.А. Книга начинающего радиолюбителя. – М.: Патриот, 1991.

Никитин В.А. Как добиться хорошей работы телевизора. – М.: Патриот, 1993.

Пясецкий В.В. Справочник телезрителя в вопросах и ответах. – Минск. Беларусь, 1975.

Пясецкий В.В. Цветное телевидение в вопросах и ответах. – Минск. Полымя, 1986.

Ротхаммель К. Антенны. – М.: Энергия, 1979.

Седов С.А. Индивидуальные видеосредства. – Киев. Наукова думка, 1990.

Сотников С.К. Дальний прием телевидения. – М.: Энергия, 1968.

Сотников С.К. Сверхдальний прием телевидения. – М.: Энергия, 1967.

Справочник по спутниковой связи и вещанию/ Под ред. **Л.Я. Кантора.** – М.: Радио и связь, 1983.

Шейко П.В. Антенны любительских радиостанций. – М.: ДОСААФ, 1962.

ОГЛАВЛЕНИЕ

7. АНТЕННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

9. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАНИЯ

10. ГРАЖДАНСКАЯ СВЯЗЬ В ДИАПАЗОНЕ 27 МГц